

**DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE LA ENERGÍA Y ESTUDIO DE EFICIENCIA
ENERGÉTICA EN LUMINARIAS Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE
AIRE DE LOS BLOQUES CRD, BIBLIOTECA Y AULAS DEL INSTITUTO
TECNOLÓGICO DE SOLEDAD ATLÁNTICO, ITSA.**

CINDY PAOLA GUZMAN LASCANO
DIANA MARIA MIRANDA CARDONA
EMERSON ANDREIS ROJAS FERIS

CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELÉCTRICA
BARRANQUILLA

2011

**DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE LA ENERGÍA Y ESTUDIO DE EFICIENCIA
ENERGÉTICA EN LUMINARIAS Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE
AIRE DE LOS BLOQUES CRD, BIBLIOTECA Y AULAS DEL INSTITUTO
TECNOLÓGICO DE SOLEDAD ATLÁNTICO, ITSA.**

CINDY PAOLA GUZMAN LASCANO
DIANA MARIA MIRANDA CARDONA
EMERSON ANDREIS ROJAS FERIS

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Electricista

Director académico:
JORGE ELIECER BALAGUERA MANTILLA
Docente Catedrático

CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELÉCTRICA
BARRANQUILLA

2011

Nota de aceptación:

Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

*“Baje a nosotros la bondad del señor y haga prosperas las obras de nuestras
manos” (Salmo 89)*

DEDICATORIA

Queremos dedicar esta obra fruto del trabajo, el esfuerzo y la dedicación por alcanzar nuestra meta soñada a aquellos coautores y partícipes de felicidad en el camino de la vida, ellos son:

A Dios que es el autor de todo lo que nos hace bien y quien ha permitido que las obras de nuestras manos sean prosperas.

A nuestros padres quienes lo han dado todo de sí para poder hacer de nosotros seres humanos de bien.

A nuestros docentes facilitadores del conocimiento que haciendo uso de los distintos entornos de aprendizaje hicieron posible en parte la formación de nuestras competencias profesionales.

A nuestros familiares y amigos que nos tendieron la mano en los momentos difíciles.

En especial al grupo juvenil Renovación en Cristo y a los compañeros de equipo del movimiento Jornadas de Vida Cristiana, por sus oraciones y la comprensión por todo este tiempo de ausencia mientras preparábamos este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos manifestar nuestra gratitud porque no estuvimos solos en la consecución de esta obra, por eso hacemos un especial reconocimiento a:

Dios por darnos la vida y permitir que alcanzáramos este valioso logro, sin él no hubiese sido posible, gracias a él pudimos manejar sabiamente las dificultades y adquirir fortaleza para superar cada obstáculo.

A nuestros padres ya que nunca permitieron que nos hiciera falta el aliento, con su amor han sido luz en la oscuridad, ángeles guardianes de nuestra vida, trabajando fielmente por la misión de ser ejemplo de vida y formadores primeros.

A nuestros docentes, verdaderos maestros y amigos, que sin ningún interés se preocuparon por hacer de nosotros profesionales capaces e íntegros.

A nuestros familiares y amigos, por el apoyo incondicional, la compañía y la solidaridad para con nuestros sueños.

Al ingeniero Jorge Eliecer Balaguera Mantilla, nuestro director de proyecto, un profesional excelente, y gran ejemplo para nosotros, quien ha dejado un legado de calidad y profesionalismo en el programa de ingeniería eléctrica de la CUC.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2. JUSTIFICACION	23
3. OBJETIVOS	25
3.1. OBJETIVO GENERAL	25
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
4. MARCO TEORICO	26
4.1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN	26
4.1.1. Procedimiento para las mediciones fotométricas en iluminación interior.	26
4.1.2. Cálculos para Iluminación Interior.	28
4.1.3. Método del coeficiente de utilización de la instalación (CU).	29
4.1.4. Método de las cavidades zonales.	30
4.1.4.1. Índices de las cavidades.	32
4.1.4.2. Reflectancias efectivas de las cavidades zonales.	32
4.1.4.3. Uso de tablas fotométricas de coeficiente de utilización (CU).	34
4.1.5. Número de luminarias necesarias para producir una iluminancia requerida.	35
4.1.6. Especificaciones técnicas de luminarias, balastos y fuentes.	35
4.1.7. Mantenimiento de los sistemas de iluminación.	36
4.1.8. Factor de pérdidas de luz (LLF) o Factor de mantenimiento.	37
4.1.9. Uniformidad.	37
4.1.10. Deslumbramiento.	39
4.1.11. Control del deslumbramiento.	40
4.1.11.1 Orientación de la luminaria.	41
4.1.12. Selección de luminarias y fuentes luminosas.	43
4.1.13. Documentos fotométricos.	44
4.1.14. Tipos de fuentes.	45
4.1.15. Lámparas Fluorescentes.	46
4.1.16. Duración o vida útil de la fuente lumínica.	48
4.1.17. Balastos.	48

4.1.18.	Factor de balasto.	49
4.1.19.	Balastos para lámparas fluorescentes.	50
4.1.19.1.	Balasto electromagnético.	50
4.1.19.2.	Balasto electrónico.	51
4.1.20.	Temperatura De Color (Tc).	51
4.1.21.	Índice de rendimiento de color (IRC).	52
4.1.22.	Grupos de rendimiento de color en las lámparas.	53
4.1.23.	Valor de eficiencia energética de la instalación – VEEI-.	54
4.1.24.	Aprovechamiento de la luz natural.	56
4.1.25.	Coeficiente de luz diurna (CLD).	56
4.2.	SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.	58
4.2.19.	Medición de la Humedad Relativa (HR).	59
4.2.20.	Psicometría.	60
4.2.21.	Zona de Confort.	61
4.2.22.	Acondicionadores de recinto, paquetes terminales de aire acondicionado y deshumidificadores.	66
4.2.22.1.	Equipos de recinto.	66
4.3.	CALIDAD DE LA ENERGÍA	68
4.3.19.	Calidad de la potencia.	68
4.3.20.	Corriente de demanda máxima.	68
4.3.21.	Corriente de cortocircuito.	68
4.3.22.	Desbalance de tensión.	69
4.3.23.	Fluctuación de tensión.	69
4.3.24.	Interrupción de alimentación.	69
4.3.25.	Relación de cortocircuito (Lsc/LI).	69
4.3.26.	Tensión residual (Vres).	70
4.3.27.	Interferencias Electromagnéticas.	70
4.3.28.	Cargas lineales.	70
4.3.29.	Carga Crítica.	71
4.3.30.	Interrupciones.	71
4.3.31.	Sub Tensiones.	72
4.3.32.	Transitorios.	72
4.3.33.	Sobre Tensiones.	72
4.3.34.	Armónicos.	73
4.3.35.	Componente armónica.	74
4.3.36.	Otras fuentes de armónicos.	75
4.3.37.	Impacto de los armónicos en instalaciones comerciales y de oficinas.	75
4.3.38.	Impacto de los armónicos en las redes de media tensión.	76
5.	DELIMITACIÓN	77
5.1.	DELIMITACIÓN ESPACIAL	77
5.2.	DELIMITACIÓN CRONOLÓGICA	77
6.	ALCANCE	78

7. LIMITACIONES	79
8. DISEÑO METODOLÓGICO	80
8.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN – INSPECCIÓN TÉCNICA E INVENTARIO ENERGÉTICO	80
8.1.19. Encuesta de identificación y descripción de la institución (establecimiento, instalaciones, entorno y antecedentes).	81
8.1.20. Encuesta para el diagnóstico ambiental asociado al consumo energético.	81
8.1.21. Encuesta sobre el uso racional de los recursos energéticos de la institución.	81
8.2. CENSO DE CARGA Y MEDICIONES	82
8.3. ANALISIS DE LA SITUACIÓN ENERGETICA ACTUAL	82
8.4. METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN	83
8.4.19. Medición de iluminancias.	83
8.4.20. Evaluación del área de la medición.	83
8.4.21. Resultados de las mediciones.	84
8.5. METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE	85
8.6. METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO CALIDAD DE LA ENERGÍA.	86
8.6.19. Inspección de la subestación eléctrica.	87
9. CÁLCULOS	88
9.1. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE ILUMINACIÓN	88
9.1.19. Cálculo de iluminancias del sistema de iluminación actual.	88
9.1.20. Censo de luminarias y cálculos de carga	89
9.1.21. Cálculo del número de luminarias.	91
9.1.22. Resultados de cálculo.	92
9.1.23. Características de la luminaria y estadísticas de cálculo del Bloque CRD	94
9.1.24. Características de la luminaria y estadísticas de cálculo del Bloque de Aulas.	99
9.1.25. Características de la luminaria y estadísticas de cálculo Biblioteca / Admisiones	101
9.1.26. Resumen comparativo entre el sistema de iluminación existente y el propuesto.	102
9.1.27. Análisis técnico – económico	103
9.1.28. Cálculo del porcentaje ahorro de la propuesta.	105
9.1.29. Conclusiones y recomendaciones	106
9.2. CÁLCULOS PARA EL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE	107
9.2.19. Tipo de instalación.	107
9.2.20. Características Técnicas de las unidades instaladas	107
9.2.21. Características de Humedad Relativa (HR) y temperatura (T) de las áreas evaluadas.	107
9.2.22. Resultados obtenidos.	109
9.2.23. Conclusiones y recomendaciones.	119
9.3. CÁLCULOS PARA EL DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE LA ENERGÍA.	121
9.3.19. Instalación del equipo analizador de red.	121
9.3.20. Análisis de armónicos.	122

9.3.21.	Análisis perfiles de tensión.	124
9.3.22.	Frecuencia.	126
9.3.23.	Factor de potencia.	126
9.3.24.	Conclusiones y recomendaciones.	127
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		128
ANEXOS		131

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.	26
Figura 2. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila	27
Figura 3. Distancias y cavidades para aplicación del método del coeficiente del local.	31
Figura 4. Esquema de mantenimiento de una instalación de alumbrado interior.	36
Figura 5. Planos C-y en los que se debe verificar la luminancia de la luminaria	42
Figura 6. Ángulos de apantallamiento para varias luminarias	43
Figura 7. Control de deslumbramiento por apantallamiento	43
Figura 8. Matriz de intensidades de una luminaria	45
Figura 9. Componentes de la lámpara fluorescente.	47
Figura 10. El coeficiente de luz diurna CLD.	56
Figura 11. Carta psicrométrica.	61
Figura 12. Zona de confort dentro de la carta psicrométrica	62
Figura 13. Unidad condensadora mini split en Bloque de Aulas.	63
Figura 14. Sistema de aire acondicionado de aplicación tipo ventana.	64
Figura 15. Sistema de aire acondicionado tipo mini split.	64
Figura 16. Esquema básico de circulación de gas refrigerante en sistema mini split.	65
Figura 17. Ubicación geográfica del Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico, ITSA.	77
Figura 18. Diagrama de Pareto de consumos actuales áreas que no cumplen condiciones de confort en el Bloque CRD.	111
Figura 19 Diagrama de Pareto de consumos proyectados en el Bloque CRD	113
Figura 20 Diagrama de Pareto de consumos actuales área Bloque de Aulas.	115
Figura 21. Diagrama de Pareto Consumos proyectados en el Bloque de Aulas.	117
Tabla 44. Consumos actuales en espacios con Mini Split instalados en Biblioteca.	118
Figura 22. Diagrama de Pareto de consumos actuales de Biblioteca.	118
Figura 23. Diagrama de Pareto de consumos proyectados en Biblioteca.	119
Figura 24. Datos de placa del transformador.	121
Figura 25. Análisis de armónicos representativos.	123

Figura 26. Graficas de perfiles de tensión del sistema. 220v.	125
Figura 27. Graficas de perfiles de tensión del sistema, 120v.	125
Figura 28. Grafica de las variaciones de frecuencia del sistema.	126
Figura 29. Comportamiento del factor de potencia.	126

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Abreviaturas.	16
Tabla 2. Índice UGR máximo y niveles de iluminación exigidos para diferentes áreas y actividades en instituciones educativas.	29
Tabla 3. Reflectancia efectiva de cavidad de techo y piso para varias combinaciones de reflectancias.	33
Tabla 4. Valores de reflectancia (aproximada) en %, para colores y texturas	34
Tabla 5. Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea.	38
Tabla 6. Clase de calidad C.I.E. de limitación de deslumbramiento.	41
Tabla 7. Ángulos de apantallamiento mínimos requeridos adicionalmente	46
Tabla 8. Watts de entrada de balasto de lámparas fluorescentes típicas	49
Tabla 9. Factor de balasto	49
Tabla 10. Equivalencia entre apariencia de color y temperatura de color.	52
Tabla 11. Índice de rendimiento de color (IRC)	53
Tabla 12. Grupos de rendimiento de color de las lámparas	54
Tabla 13. Valores límite de eficiencia energética de las instalaciones (VEEI)	55
Tabla 14. Valores mínimos de CLD que deben cumplir las edificaciones	57
Tabla 15. Niveles máximos permitidos de distorsión armónica.	74
Tabla 16. Ejemplo formato de recopilación de datos para el estudio en el aula 101 del bloque de aulas del ITSA.	85
Tabla 17. Resultados de cálculos de iluminancias del sistema de iluminación actual	88
Tabla 18. Inventario de luminarias.	90
Tabla 19. CU para la luminaria L2x32.	92
Tabla 20. Características de luminarias primer nivel CRD.	94
Tabla 21. Estadística de cálculos de diseño primer nivel CRD	94
Tabla 22. Características de luminarias segundo nivel CRD.	95
Tabla 23. Estadística de cálculos de diseño segundo nivel CRD	95
Tabla 24. Características de luminarias tercer nivel CRD.	96
Tabla 25. Estadística de cálculos de diseño tercer nivel CRD.	96

Tabla 26. Características de luminarias cuarto nivel CRD.	97
Tabla 27. Estadística de cálculos de diseño cuarto nivel CRD.	97
Tabla 28. Características de luminarias quinto nivel CRD	98
Tabla 29. Estadística de cálculos de diseño quinto nivel CRD	98
Tabla 30. Características de luminarias Bloque de Aulas.	99
Tabla 31. Estadística de cálculos de diseño Bloque de Aulas.	100
Tabla 32. Características de luminarias Biblioteca/Admisiones.	101
Tabla 33. Estadística de cálculos de diseño Biblioteca/Admisiones.	102
Tabla 34. Características técnicas de las unidades a estudiar	107
Tabla 35. Mediciones de humedad relativa en Bloque de Aulas.	108
Tabla 36. Mediciones de temperatura en Bloque de Aulas.	108
Tabla 37. Resultados del estudio de refrigeración en Bloque de Aulas.	109
Tabla 38. Resultados del estudio de refrigeración en Biblioteca.	110
Tabla 39. Resultados del estudio de refrigeración en el Bloque CRD.	110
Tabla 40. Consumos actuales en los espacios que no cumplen en el Bloque CRD.	111
Tabla 41. Consumos proyectados en el Bloque CRD.	112
Tabla 42. Consumos actuales en espacios con Mini Split instalados en el Bloque de Aulas.	114
Tabla 43. Consumos proyectados en el Bloque de Aulas.	116
Tabla 45. Consumos proyectados en Biblioteca.	118
Tabla 46. Cálculos de distorsión armónica y THDi	122

ABREVIATURAS

Tabla 1. Abreviaturas.

Iluminación	Refrigeración	Calidad de la energía
Lm: Lúmen	HR: Humedad Relativa (%)	Dh: Distorsión armónica individual.
Lx: Lux	Tbs: Temperatura de Bulbo seco (°C)	Dv: Distorsión armónica individual de tensión
Fm: Factor de mantenimiento	TBh: Temperatura de bulbo húmedo	H: Orden del armónico
U₀: Factor de uniformidad general	SEER: Grado de la eficiencia de la energía estacional (BTU/W)	Lh: Magnitud de las componentes armónicas individuales de corriente (rms A)
E: Iluminancia	BTU: Unidad térmica Británica	Lsc: Corriente de cortocircuito
ρ: Reflectancia de una superficie	COP: coeficiente de Operación	THD: Distorsión armónica total
CU o K: Coeficiente de utilización	H: Entalpía (KJ/Kgr)	Vc: Tensión declarada
CRI ó Ra: Índice de reproducción cromática	TON: Toneladas de Refrigeración	Vh: Magnitud de las componentes armónicas individuales de tensión (rms V)
LLF: Factor de pérdida de la luminaria	Vol: Volumen	RMS: Root Mean Square, raíz cuadrada media
VEEI: Valor de eficiencia energética de la instalación	D: Densidad	Vres: Tensión residual
Eprom: Iluminancia promedio horizontal mantenida	Q: Calor	ESD: Descargas electromagnéticas
	Kg: Kilogramo	FPF: Factor de potencia fundamental
	W: Vatio	FPV: Factor de potencia verdadero
	kWh: Kilovatio Hora	Iref: Corriente referida
	M: Metro	Itrms: Corriente rms verdadera

RESUMEN

El presente proyecto compila el desarrollo de un diagnostico de calidad de la energía y un estudio de eficiencia energética en los sistema de iluminación y acondicionamiento de aire de los bloques CRD, Biblioteca y Aulas del Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico ITSA.

Este proyecto se ha desarrollado basado en los referentes normativos vigentes relacionados directamente con la calidad de la energía como la norma IEEE 519 El reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP y la norma ASHRAE para sistemas de acondicionamiento de aire.

El proyecto muestra como a través del uso y la aplicación de herramientas de ingeniería tales como instrumentos de medición y técnicas matemáticas, se determinan las condiciones energéticas actuales y se proyecta el beneficio a futuro gracias al ahorro resultante al aplicar las consideraciones del proyecto.

Básicamente el proyecto se llevó a cabo de acuerdo con las siguientes actividades:

- **RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN** – Inspección técnica del edificio e inventario energético.
- Encuestas de eficiencia energética.
- **CENSO DE CARGA Y MEDICIONES**
- **ANALISIS DE LA SITUACIÓN ENERGETICA ACTUAL**

ABSTRACT

The present Project collect the development of a quality power diagnosis and the energetic efficiency study in the illumination and air conditioning systems of CRD building, library and classrooms of Soledad Atlántico Technologic Institute ITSA.

This project has been done based on the different currents regulation related with the quality of power like the IEEE 519 standard. Technical regulation of public lighting and illumination and the ASHRAE standard for air conditioning systems.

The project show up how through the use and application of engineering tools, like the use of measurements instruments and math techniques, it define energetics conditions actuals which could determine the prospective benefic thanks to savings which result of applications of project considerations.

Basically the project was carried out in accordance with the following activities:

- **COLLECTION OF INFORMATION** - Technical inspection and inventory of the building energy.
- **Surveys of energy efficiency.**
- **MEASUREMENTS AND CENSUS OF CARGO**
- **ANALYSIS OF THE CURRENT ENERGY SITUATION**

INTRODUCCIÓN

Las instituciones de educación superior en Colombia, pueden llegar a tener altos indicadores de calidad en los factores que afectan esencialmente, su misión y su visión siendo empresas públicas o privadas de una determinada región e incluso acceder a acreditaciones internacionales. Este tipo de instituciones de educación superior son líderes en su campo de acción, se han sometido a estrictos procesos de evaluación y mejoran continuamente la calidad de cada uno de sus procesos. Son referentes para un gran número de estudios, con propósitos investigativos para otras instituciones que buscan mejorar la calidad de sus procesos y obtienen beneficios económicos que las hacen más competitivas dentro del ámbito educativo.

Entre los factores que conforman la calidad neta de una institución de educación superior y que son cuantificables tanto en términos de calidad como económicamente, se encuentran: el estado de las instalaciones, la disposición final de los recursos financieros, la sustentabilidad y la optimización y uso eficiente de la energía eléctrica y servicios públicos. Las instalaciones y planta física, son la plataforma de trabajo y el ambiente de producción en el cual se desarrollan todos los procesos de una institución educativa, lo que las hace objeto de evaluación con alta ponderación. Las instalaciones se mantienen gracias al uso eficiente de los recursos físicos, por lo que adquiere relevancia el mantenimiento periódico de los mismos a fin de que no se presenten fallas en los momentos menos esperados.

En Colombia, muchas instituciones de educación superior e incluso instituciones de educación media, han invertido esfuerzos en calidad y uso eficiente de la energía. Se ha incluido la experiencia de algunas de estas dentro del marco

referencial del presente documento con el objeto de ilustrar de una mejor manera el tema central del proyecto que se pretende llevar a cabo.

Sobre la base de la importancia que ha llegado a tener la calidad y el uso eficiente de la energía, el presente proyecto se desarrolla en una institución de educación superior local aprovechando el proceso de acreditación en alta calidad al cual ha decidido someterse y la disposición para permitir que se le aplicara lo que este proyecto propone.

El presente documento contiene un diagnóstico de calidad de la energía que revela las características de la red interna de la Institución y, posteriormente, se hace un estudio de eficiencia energética ajustado a las condiciones de operación del sistema de iluminación y refrigeración. Por otro lado, se apoya en el marco de la aplicación de herramientas de ingeniería para estudiar en detalle, la manera en que otras instituciones han mejorado la calidad y el uso de la energía eléctrica en el desarrollo de sus actividades con distintos propósitos, entre ellos, el de mejorar indicadores para obtener certificaciones de alta calidad. En la sección de marco referencial, se hallan consignadas las experiencias de entidades de orden nacional e internacional relacionadas contextualmente con el tema.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico, ITSA, es una entidad pública de Educación Superior, con sede principal en el municipio de Soledad, nace jurídicamente a través de la Ley 391 del 23 de Julio de 1997, de Orden Nacional, adscrita al Ministerio de Educación de Colombia, con personería jurídica, autonomía académica, administrativa y financiera y con patrimonio independiente.

El ITSA hace uso de las instalaciones de la antigua sede técnica TRANSELCA S.A. en calidad de comodato, razón que exime, entre otros, del pago por conceptos de consumo de energía eléctrica desde hace ya más de 10 años. A pesar de esto, la Institución reconoce su intención de hacer uso eficiente de la energía considerando la detección de oportunidades de ahorro que minimicen el trastorno económico que podría surgir luego del vencimiento del contrato.

El camino hacia la consecución de prácticas de ahorro de energía, está íntimamente ligado a la consolidación de una cultura para el manejo sostenible y eficiente de los recursos energéticos y naturales. En este sentido, la Institución no registra antecedentes de estudio de eficiencia energética, posee información desactualizada de sus instalaciones eléctricas; cuadros de carga, diagramas unifilares y planos, administra sus consumos de energía de manera deficiente, desconoce sus potenciales de ahorro energético, el mantenimiento predominante es correctivo y la realización de benchmarking del consumo de energía y de eficiencia es nulo, por lo que podría clasificarse dentro de la etapa de Incompetencia Inconsciente.

La Institución posee cargas sensibles a los fenómenos asociados calidad de la energía eléctrica, como equipos de cómputo, laboratorios de electrónica, instrumentación, telecomunicaciones, servidores, bancos control y accionamientos

eléctricos, bancos de automatización, equipos para mecatrónica, y una gran cantidad de las luminarias usadas en oficinas, aulas, pasillos, y salas de lectura entre otras.

La realidad expuesta anteriormente conlleva a los siguientes interrogantes: ¿Está la Institución preparada para asumir los costos energéticos de los que se encuentra exenta en la actualidad?, ¿Es capaz la Institución de establecer alternativas con miras a la consecución de ahorros energéticos?, ¿Conoce la Institución su situación energética actual?

2. JUSTIFICACION

Este proyecto servirá como base para el desarrollo de futuros proyectos que se desarrollen en la Institución e integren URE y Calidad de la Energía, como lo promulga la ley 697 de 2001, que declara el Uso Racional de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, que busca fundamentalmente asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía, protección al consumidor y utilización de Energías No Convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

La Institución ha iniciado un proceso de acreditación de alta calidad que inicialmente toca a tres de sus programas base, más para el año 2014 se tiene la visión de estar acreditado totalmente, es decir, obtener la acreditación institucional. Dentro de los indicadores para alcanzar este objetivo es necesario contar con una planta física que corresponda a los criterios de calidad, que exigen los organismos de certificación y acreditación. El Instituto, podrá mejorar los indicadores de calidad que involucran el estado de la planta física, particularmente el de sus instalaciones eléctricas y la pertinencia que relaciona ésta con los procesos académicos y demás actividades que se desarrollan en la misma. La información obtenida del proyecto servirá para mejorar dichos indicadores.

Uno de los problemas que se presenta en la institución, como ya se había mencionado, es la falta de soporte que les permita evidenciar la calidad de la energía, Por medio del presente trabajo de grado se pretende compensar todo tipo de falencia para erradicar este problema de forma general.

Por medio del presente también se pretende responder de forma efectiva al mejoramiento de la administración de los recursos energéticos, recursos que

actualmente el Instituto no administra, se conoce por medio de estudios previos que no tienen una organización de sus consumos ni a un profesional encargado que les mantenga al tanto de las diferentes anomalías que se pueden presentar en su sistema eléctrico. Es por esto que se interviene, teniendo como razón de ser el mejoramiento de los procesos de ahorro y administración de la energía.

Hoy día está demostrado que los ahorros energéticos pueden incrementarse y mantenerse en el tiempo, mediante la adopción e implementación de prácticas consistentes y procedimientos reconocidos; el monitoreo y control de la información energética se constituyen en una herramienta para el análisis y manejo de la energía y orientar la toma de decisiones.

A través del desarrollo de éste proyecto, se pretende dar a la Institución una visión más amplia del estado actual de su sistema energético y orientarla hacia formas de ahorro, planificación y selección de tecnologías más eficientes, además de orientarlos hacia un primer paso para la implementación de un sistema de gestión energética que le permita administrar y controlar sus recursos en materia de energía.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Diagnosticar la eficiencia de los sistemas de iluminación y aire acondicionado, así como la calidad de la energía de la red interna, de los bloques de aulas, CRD, biblioteca y admisiones, en la sede principal del Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico (ITSA).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el grado de cumplimiento de los sistemas de iluminación y acondicionamiento de aire con las normativas vigentes.
- Establecer las condiciones bajo las cuales debe funcionar el sistema de iluminación de acuerdo a los parámetros establecidos por normativa nacional vigente - RETILAP.
- Establecer condiciones óptimas de funcionamiento del sistema de acondicionamiento de aire de acuerdo a los requerimientos mínimos de confort establecidos por el ASHRAE.
- Diagnosticar la situación actual de la calidad de la energía, profundizando en los niveles de armónicos.
- Determinar la viabilidad técnico – económica de la implementación de soluciones en iluminación y acondicionamiento de aire más eficientes.

4. MARCO TEORICO

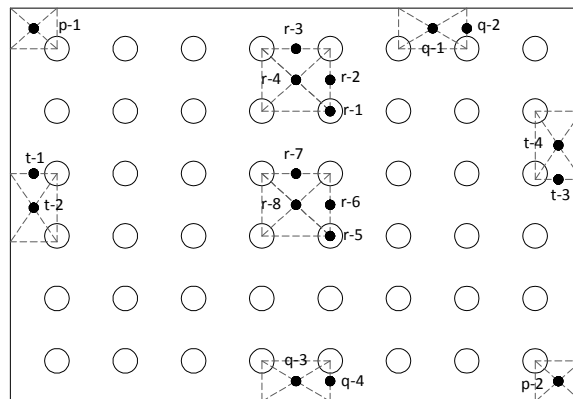
4.1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN

4.1.1. Procedimiento para las mediciones fotométricas en iluminación interior.

Para mediciones de precisión, el espacio debe ser dividido en cuadrados y la iluminancia se mide en el centro de cada cuadro a la altura del plano de trabajo. Para la verificación de diseños, se deberán usar las mismas mallas y alturas de cálculo empleadas.

a) Medición de iluminancia promedio, en áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.

Figura 1. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.



Fuente: RETILAP 2010. Sección 490.1 a)

$$E_{\text{prom}} = R (N - 1) (M - 1) + Q (N - 1) + T(M - 1) + P / NM$$

E_{prom} : Iluminancia promedio

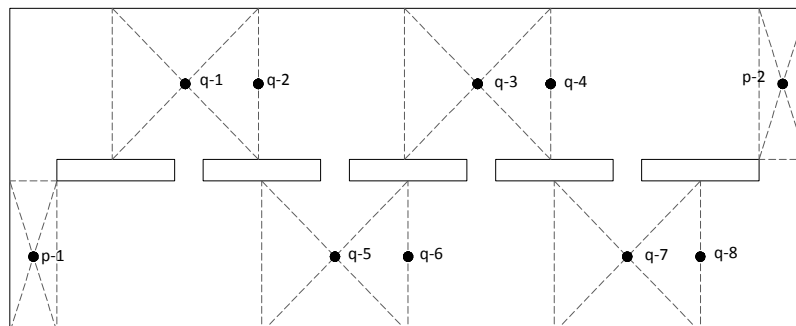
N: Número de luminarias por fila

M: Número de filas

1. Se toman lecturas en todos los puntos iniciados por “r” para una cuadrilla típica interior y/o para una cuadrilla típica central, promedie las 8. Este es el valor R de la ecuación de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas de los puntos iniciados con “q”, en dos cuadrículas típicas de cada lado del salón. En promedio de las 4 lecturas es el valor de Q de la ecuación de la iluminancia promedio.
3. Se toman lecturas en los puntos iniciados con “t” en dos cuadrículas típicas de cada final del salón, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor T de la ecuación de la iluminancia promedio.
4. Se toman lecturas de los puntos p-1 y p-2, en dos cuadrículas típicas de las esquinas, se promedian las lecturas y se obtiene el valor P de la ecuación de iluminancia promedio.
5. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de E_{prom} .

b) Áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila.

Figura 2. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila



Fuente: RETILAP 2010. Sección 490.1 c)

$$E_{\text{prom}} = Q(N - 1) + P / N$$

E_{prom} : Iluminancia promedio

N: Número de luminarias por fila

Q: Promedio de las lecturas q1 hasta q8.

P: Promedio de las lecturas p1 y p2.

4.1.2. Cálculos para Iluminación Interior.

En los cálculos de iluminación interior se deben tener en cuenta los requisitos de iluminancia, uniformidad e índice de deslumbramiento.

El nivel de iluminancia de un local se puede expresar en función de la iluminancia promedio en el plano de trabajo. Para aplicación del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) se deben cumplir los valores de la tabla 1.

Si no se especifica la altura del plano de trabajo (hm), se deberá tomar un plano imaginario a 0,75m sobre el nivel del suelo para trabajar sentados, y de 0,85m para trabajos de pie.

La iluminancia promedio se calcula mediante la fórmula:

$$E_{\text{prom}} = (\Phi_{\text{total}} \times \text{CU} \times \text{FM}) / A$$

Φ_{total} = Flujo luminoso total de las bombillas

A = Área del plano de trabajo en m²

CU = Coeficiente de utilización o Factor de utilización para el plano de trabajo

FM = Factor de mantenimiento

La tabla 2 muestra un resumen de los niveles de iluminación exigidos por RETILAP en la sección 410.1.a). La columna Clase de calidad, hace referencia al grado de deslumbramiento establecido por la C.I.E en su publicación No. 117 (ver tabla 6), el cual puede homologarse con el UGRl de la tabla.

Tabla 2. Índice UGR máximo y niveles de iluminación exigidos para diferentes áreas y actividades en instituciones educativas.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGRL	NIVELES DE ILUMINANCIA lx			Clase de calidad*
		Mínimo	Medio	Máximo	
Áreas generales en las edificaciones					
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150	D-E
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200	C-D
Vestidores, baños	25	100	150	200	C-D
Almacenes, bodegas	25	100	150	200	D-E
Oficinas					
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750	A-B
Ofinas abiertas	19	500	750	1000	A-B
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000	A-B
Salas de conferencia	19	300	500	750	A-B
Colegios y centros educativos					
Salones de clase					
Iluminación general	19	300	500	750	A-B
Tableros	19	300	500	750	A-B
Elaboración de planos	16	500	750	1000	A-B
Salas de conferencias					
Iluminación general	22	300	500	750	A-B
Tableros	19	500	750	1000	A-B
Bancos de demostración	19	500	750	1000	A-B
Laboratorios	19	300	500	750	A-B
Salas de arte	19	300	500	750	A-B
Talleres	19	300	500	750	A-B
Salas de asamblea	22	150	200	300	A-B

*Clase de calidad C.I.E. de limitación de deslumbramiento.

Fuente: RETILAP 2010. Sección 410.1 a)

4.1.3. Método del coeficiente de utilización de la instalación (CU).

El coeficiente de utilización de la instalación también se conoce como el factor reducido de utilización y es la relación entre el flujo luminoso que cae en el plano de trabajo y el flujo luminoso suministrado por la luminaria. Este coeficiente

representa la cantidad de flujo luminoso eficazmente aprovechado en el plano de trabajo después de interactuar con las luminarias y las superficies dentro de un local.

El valor de coeficiente de utilización depende de la distribución fotométrica de la luminaria y de las dimensiones y características de reflectancias del local.

Con el método del factor de utilización se puede determinar la iluminancia media en el plano de trabajo. Para su aplicación se requiere contar con la información del coeficiente de utilización de las luminarias a usar, información que debe ser suministrada por el fabricante en catálogos o fichas técnicas de acceso fácil para el usuario.

También se requiere conocer las dimensiones geométricas del local que se va a iluminar y las correspondientes al montaje de las luminarias.

El método del factor de utilización puede aplicarse bajo los siguientes supuestos que deben cumplirse, razonablemente, para obtener resultados confiables:

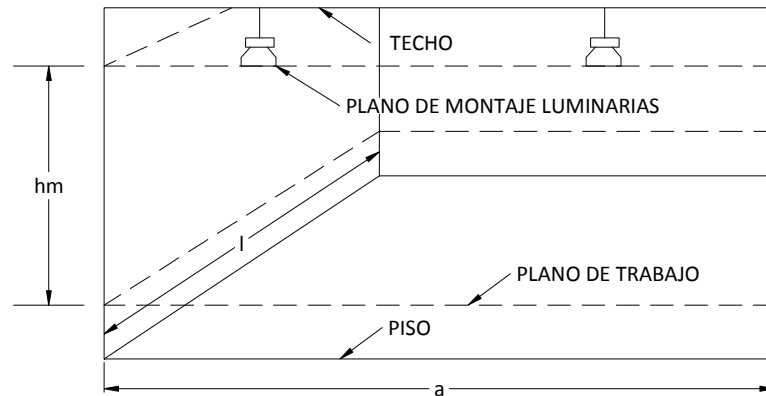
- ✓ Distribución uniforme de las luminarias.
- ✓ Las superficies del local deben ser difusoras y espectralmente neutras.
- ✓ El flujo incidente sobre cada superficie debe distribuirse uniformemente.
- ✓ El local debe estar libre de obstrucciones de tamaño considerable.

4.1.4. Método de las cavidades zonales.

Para un local dado se consideran tres cavidades, las cuales tienen como límites intermedios, planos imaginarios situados uno a la altura del plano de trabajo, y otro

a la altura de montaje de las luminarias. Las cavidades así delimitadas reciben las denominaciones de cavidad de techo, cavidad del local y cavidad del piso.

Figura 3. Distancias y cavidades para aplicación del método del coeficiente del local.



Fuente: Principios de iluminación. Manual de Holophane, octubre 2010.

El método tiene cuatro pasos básicos:

- Determinar los índices de las cavidades zonales
- Determinar la reflectancia efectiva de las cavidades
- Seleccionar el coeficiente de utilización (CU)
- Calcular el nivel promedio de iluminación.

La iluminancia promedio horizontal (E_{prom}) se calculará entonces para la cavidad del local mediante la siguiente fórmula, aunque por lo general se usa para estimar el número de luminarias a instalar de acuerdo con el nivel de iluminación requerido:

$$E_{prom} = N \times n \times \Phi L \times CU \times FM / l \times a$$

Dónde:

- N : Número de luminarias en el local
n : Número de bombillas por luminaria

- Φ_L : Flujo luminoso de una bombilla de la luminaria
 CU : Coeficiente o Factor de utilización en el plano de trabajo
 FM : Factor de mantenimiento de la instalación
 l : Longitud del local en metros
 a : ancho del local en metros

4.1.4.1. Índices de las cavidades.

Para un espacio rectangular se definen los siguientes índices para cada una de las cavidades en función de sus dimensiones y la altura de montaje de las luminarias:

$$\begin{aligned}
 \text{Índice de la cavidad del techo (ICT)} &= [5 h_c (l + a)] / (l \times a) \\
 \text{Índice de la cavidad del local (ICC)} &= [5 h_m (l + a)] / (l \times a) \\
 \text{Índice de la cavidad del piso (ICP)} &= [5 h_f (l + a)] / (l \times a)
 \end{aligned}$$

Dónde:

- h_c = Altura de la cavidad del techo en metros.
 h_m = Altura de la cavidad del local en metros.
 h_f = Altura de la cavidad del piso en metros.
 l = longitud del local en metros.
 a = ancho del local en metros.

4.1.4.2. Reflectancias efectivas de las cavidades zonales.

Conocidas las reflectancias de techo, piso y paredes, en la tabla siguiente se determinan las reflectancias efectivas para las cavidades de techo (pcc) y piso (pfc). Mediante el uso de los índices de cavidad de techo y de cavidad de piso, se determina la reflectancia efectiva (ρ). Si la luminaria está montada en techo o el

plano de trabajo corresponde con el piso, el índice de cavidad será 0, y por lo tanto la reflectancia corresponderá con la del techo o la del piso, respectivamente.

Reflectancia efectiva (ρ). La reflectancia en una superficie se define como la razón entre el flujo luminoso reflejado por la superficie y el flujo incidente sobre ella.

Generalmente, para las tablas de coeficiente de utilización se utiliza una reflexión de piso del 20% y se parametrizan los correspondientes a techo y paredes.

Para maximizar la efectividad de la luz suministrada es conveniente pintar la superficie de las paredes con colores claros, de esta forma se logra una buena reflectancia. Colores muy claros y brillantes pueden reflejar hasta un 80% de la luz incidente, mientras que colores oscuros pueden llegar a reflejar menos de un 10% de la luz incidente. En la tabla 3 y 4 se muestran valores de reflectancias de techo, pisos y paredes y para algunos colores y texturas. [3]

Tabla 3. Reflectancia efectiva de cavidad de techo y piso para varias combinaciones de reflectancias.

% Reflectancia de techo o piso	90				80				70			50				30			10			
% Reflectancia de paredes	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10	10
Índice de cavidad																						
0.2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	9	
0.4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	9	
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	9	
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	8	
1.0	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	8	
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	7	
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	7	
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	9	7	
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	9	6	
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	9	6	
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	9	6	
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	9	6	
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	9	6	
2.8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	9	5	
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	9	5	
3.2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	9	5	
3.4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	9	5	
3.6	78	61	47	36	3	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	9	4	
3.8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	9	4	
4.0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	9	14	9	4	
4.2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	9	14	9	4	
4.4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	19	28	20	14	9	14	8	4	
4.6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	13	8	14	8	4	
4.8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	8	14	8	4	
5.0	75	53	38	28	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	8	14	8	4	

Fuente: Principios de iluminación. Manual de Holophane, octubre 2010.

Tabla 4. Valores de reflectancia (aproximada) en %, para colores y texturas

TONO	COLOR		SUPERFICIES		ACABADOS DE CONSTRUCCIÓN	
Muy claro	Blanco nuevo	88	Maple	43		
	Blanco viejo	76	Nogal	16		
	Azul verde	76	Caoba	12		
	Crema	81	Pino	48		
	Azul verde	65	Madera clara	30-50		
	Miel	76	Madera oscura	10-25		
	Gris	83				
Claro	Crema	79	ACABADOS METALICOS		Cantera clara	18
	Azul	55			Cemento	27
	Miel	70			Concreto	40
	Gris	73			Mármol blanco	45
Mediano	Azul verde	54			Vegetación	25
	Amarillo	65			Asfalto limpio	7
	Miel	63			Adoquín de roca	17
	Gris	61			Grava	13
Oscuro			Blanco polarizado	70-85	Ladrillo claro	30-50
	Azul	8	Aluminio pulido	75	Ladrillo oscuro	15-25
	Amarillo	50	Aluminio mate	75		
	Café	10	Aluminio claro	59-79		
	Gris	25				
	Verde	7				
	Negro	3				

Fuente: RETILAP 2010. Sección 430.2.2.

4.1.4.3. Uso de tablas fotométricas de coeficiente de utilización (CU).

El coeficiente de utilización CU se determina con base en las tablas suministradas por los fabricantes, relacionadas con la información fotométrica de cada tipo de luminaria. Las tablas CU están parametrizadas en función del índice de local (K) y de los índices de reflectancias efectivas para las cavidades de techo (pcc) y piso (pfc), así como de la reflectancia de las paredes (pw).

Una vez determinado el índice de local (k) y las reflectancias efectivas para las cavidades de techo y de piso, el factor de utilización (CU) se obtiene, por extrapolación, de los datos de la tabla de CU correspondiente a cada luminaria.[6]

4.1.5. Número de luminarias necesarias para producir una iluminancia requerida.

El flujo luminoso total necesario para producir una iluminancia requerida se calcula así:

$$\Phi_{\text{total}} = (E_{\text{prom}} \times A) / (CU \times FM)$$

Φ_{total} = Flujo total luminoso

E_{prom} = Iluminancia promedio requerida

A = Área en m²

CU = Coeficiente de utilización

FM = Factor de mantenimiento.

El número de luminarias (N) es por consiguiente:

$$N = (\Phi_{\text{total}}) / (n \times \Phi_l)$$

Φ_l = Flujo luminoso de una bombilla

n = número de bombillas por luminaria

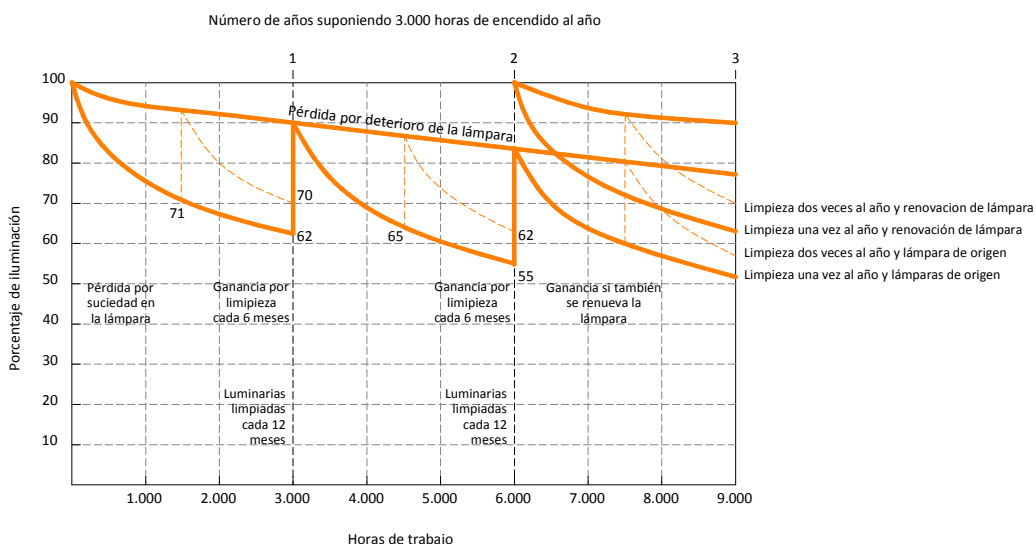
4.1.6. Especificaciones técnicas de luminarias, balastos y fuentes.

El diseñador del alumbrado interior debe tener en cuenta todos los parámetros técnicos de las fuentes, luminarias y balastos, los cuales no pueden ser inferiores a los valores establecidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

4.1.7. Mantenimiento de los sistemas de iluminación.

La iluminancia proporcionada inicialmente por una instalación de iluminación, disminuirá de manera gradual durante el uso debido a una reducción de los lúmenes de la lámpara, a lámparas que se quemen y a la acumulación de suciedad en las lámparas, luminarias y superficies de la habitación. Sin embargo, es posible mantener la iluminancia en o sobre el mínimo valor permitido limpiando el equipo de iluminación y las superficies de la habitación y cambiando las luminarias quemadas o gastadas a intervalos adecuados de acuerdo con un programa de mantenimiento previamente acordado. El valor de dicho programa de mantenimiento se indica en la figura 4. En el caso ilustrado, la iluminancia en el sistema no mantenido disminuirá hasta el 40% del valor inicial dentro de los tres años y continuará decayendo. Pero con una limpieza anual y un recambio de lámparas y de pintura cada tres años, la iluminancia llega al 60% del valor inicial. En tres años, el sistema mantenido proporciona una iluminancia 50% mayor que la del sistema sin mantenimiento. [4]

Figura 4. Esquema de mantenimiento de una instalación de alumbrado interior.



Fuente: RETILAP 2010. Sección 430.5.

Hay que resaltar que con el mantenimiento nunca se restablecen las condiciones iniciales, por cuanto hay factores que son no controlables.

4.1.8. Factor de pérdidas de luz (LLF) o Factor de mantenimiento.

El factor de pérdida de luz (LLF) consiste de dos factores básicos, depreciación de lumen de la lámpara (LLD) y depreciación por suciedad en la luminaria (LDD). Si se han de encontrar los niveles iniciales, se usa un multiplicador de 1. Los factores de pérdida de luz, junto con la salida de lumen total de la lámpara varían con el fabricante y tipo de lámpara o luminaria, y se determina consultando la información publicada por los fabricantes.

Es factor de pérdida de luz (LLF), es usado para calcular la iluminancia luego de un tiempo determinado y bajo determinadas condiciones. En ocasiones, otros factores de pérdida de luz pueden necesitar ser aplicables. Algunos de estos son: factor de balasto, temperatura ambiente, factor de voltaje y depreciación por polvo en la luminaria y superficie del cuarto. Éste factor es el típicamente llamado *factor de mantenimiento*. [2, 5, 18]

4.1.9. Uniformidad.

Con el fin de evitar las molestias debidas a los cambios bruscos de iluminancia, la tarea debe ser iluminada de la forma más uniforme posible. La relación entre el valor del nivel de iluminación existente entre el área del puesto donde se realiza la tarea y el alumbrado general no debe ser inferior al establecido en la tabla 5.

En áreas adyacentes, aunque tengan necesidades de iluminación distintas, debe cumplirse con las relaciones de la tabla 5.

Tabla 5. Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea.

Iluminancia de la tarea (lx)	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lx)
Mayor o igual a 750	500
500	300
300	200
Menor o igual a 200	Etarea
Uniformidad (E_{min}/E_{prom})	
Mayor o igual a 0,5	Mayor o igual a 0,4

Fuente: RETILAP 2010. Sección 410.4.

Asimismo, se incluirán los valores del índice de rendimiento de color y las potencias de los conjuntos lámpara más equipo auxiliar utilizados en el cálculo.

En los casos en que se ilumine de forma localizada en uno o varios puestos de trabajo, para complementar la iluminación general, esta última no podrá tener un valor menor que el indicado en la tabla 2.

La distribución de luminancias en el campo visual puede afectar la visibilidad de la tarea e influir en la fatiga del trabajador.

La agudeza visual es máxima cuando la luminosidad de la tarea es similar a la existente en el campo visual del trabajador. Sin embargo, cuando la luminosidad de la tarea es muy diferente a la del entorno se puede producir una reducción de la eficiencia visual y la aparición de fatiga, como consecuencia de la repetida adaptación de los ojos.

El equilibrio de las luminancias se puede lograr controlando la reflectancia de las superficies del entorno y los niveles de iluminación, es decir, eligiendo colores más o menos claros para las paredes y otras superficies del entorno y empleando una

iluminación general adecuada, de manera que la luminosidad del entorno no sea muy diferente a la existente en el puesto de trabajo. [7]

4.1.10. Deslumbramiento.

El deslumbramiento es la sensación producida por una luminancia exagerada dentro de un campo visual que altera la sensibilidad del ojo, causando molestia, reduciendo la visibilidad o ambas.

El deslumbramiento se puede producir en dos formas, que a veces ocurren en forma separada, pero que generalmente se experimentan en forma simultánea. La primera se denomina deslumbramiento fisiológico (o perturbador), que reduce la capacidad visual y la visibilidad pero no causa necesariamente molestia. La segunda se denomina deslumbramiento psicológico (o molesto), que resulta molesto a la vista, pero que no necesariamente dificulta la observación de los objetos.

El grado de deslumbramiento directo psicológico proveniente de luminarias, puede ser valorado mediante el método de tabulación del Índice de Deslumbramiento unificado de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), “Unified Glare Rating”, Publicación CIE 117 “Discomfort glare in interior lighting – 1995”, en el cual se tiene en cuenta la contribución de cada una de las luminarias que forman parte de un determinado sistema de iluminación. El método está basado en la fórmula:

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

L_b es la luminancia de fondo en cd/m^2 , calculada con $E_{\text{ind}} \times \pi^{-1}$, en la que E_{ind} es la luminancia vertical en el ojo del observador.

L es la luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador en cd/m^2 .

ω es el ángulo sólido (estereorradianes) de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador.

p es el índice de posición para cada luminaria, que se relaciona con el desplazamiento de la zona de visión. [10]

4.1.11. Control del deslumbramiento.

El control del deslumbramiento directo de las lámparas consiste en controlar la luminancia de las mismas en la dirección del ojo del observador. Sin embargo, el grado de deslumbramiento experimentado no solamente es función de las luminarias en el campo visual de la persona, también depende del tipo de actividad que se realiza. Cuanta más luz demande la tarea visual y cuanto mayor sea la necesidad de concentración, mayor será la molestia. Sin embargo, aquellas situaciones donde la persona debe moverse para realizar la tarea, la molestia experimentada será menor. Por lo tanto, el grado de control de la luminancia diferirá según el tipo de tarea o actividad. La C.I.E. ha clasificado las tareas y las actividades en cinco grupos según el grado de control de luminancia requerido. En la tabla 6 se enumeran los cinco grupos que se refieren a las Clases de Calidad.

En términos generales, las luminancias más altas en un interior producidas por la instalación de iluminación, son las de las lámparas. Generalmente estas luminancias son demasiado altas para utilizar lámparas sin controlar su brillo en la dirección de los ojos, por eso se requieren luminarias con límite de luminancia en las direcciones críticas a un nivel aceptable.

El índice de deslumbramiento es una manera de determinar el tipo de luminaria que debe usarse en cada una de las aplicaciones

teniendo en cuenta el posible deslumbramiento que puede provocar debido a la óptica y posición de las bombillas. Entonces, será siempre deseable un bajo índice de deslumbramiento, y éste se vuelve crítico dependiendo de la aplicación. [14]

Tabla 6. Clase de calidad C.I.E. de limitación de deslumbramiento.

Clase de Calidad	Índice de deslumbramiento (G)	Tipo de actividad o tarea
A, calidad muy alta	1,15	Tareas visuales muy exactas.
B, calidad alta	1,5	Tareas con grandes demandas visuales. Tareas con demandas visuales moderadas pero con alta concentración.
C, calidad media	1,85	Tareas con demandas visuales moderadas y demandas moderadas de concentración y con cierto grado de movilidad del trabajador.
D, calidad baja	2,2	Tareas con niveles de demanda de concentración y visual bajas con personas en movimiento dentro del área establecida
E, calidad muy baja	2,55	Interiores donde las personas no solo se mueven dentro de la estación de trabajo sino de un lugar a otro y realizan tareas de baja demanda visual. Interiores generalmente no utilizados por las mismas personas.

Fuente: Luminotecnia. Indalux 2002.

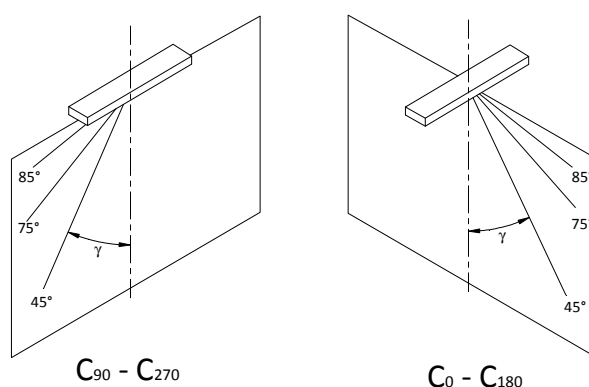
4.1.11.1 Orientación de la luminaria.

Al utilizar los diagramas de la figura 5 se debe considerar la distribución de la luminaria en dos planos verticales: el plano $C_0 - C_{180}$ y el plano $C_{90} - C_{270}$.

Cuando las luminarias se montan en el plano $C_0 - C_{180}$ paralelo al eje del local, la distribución de la luminaria en dicho plano se utiliza para controlar la limitación del deslumbramiento en la dirección longitudinal de la habitación, y la distribución de la luminaria en el plano $C_{90} - C_{270}$ se utiliza para verificar la limitación del deslumbramiento en la dirección transversal a la habitación.

Cuando las luminarias se montan con el plano $C_{90}-C_{270}$ paralelo al eje longitudinal del local, dicho plano se puede utilizar para verificar la limitación del deslumbramiento en la dirección longitudinal de la habitación, y la distribución de la luminancia en el plano C_0-C_{180} para verificar la limitación del deslumbramiento en el sentido transversal de la habitación.

Figura 5. Planos C- γ en los que se debe verificar la luminancia de la luminaria



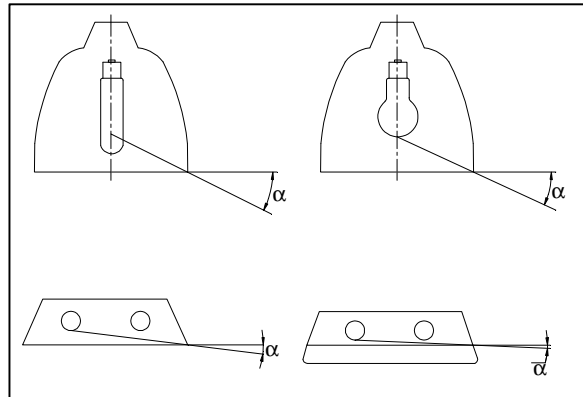
Fuente: Luminotecnia. Indalux 2002.

4.1.11.2. Ángulo de apantallamiento.

Para aquellas luminarias en las cuales, al observarlas en ángulos de 45° o más con respecto a la vertical, se pueden ver las lámparas o partes de la misma, se debe limitar no solo la luminancia media según las curvas de la figura 6, sino también las lámparas deben estar bien apantalladas dependiendo de la luminancia de la lámpara y de la clase de calidad elegida.

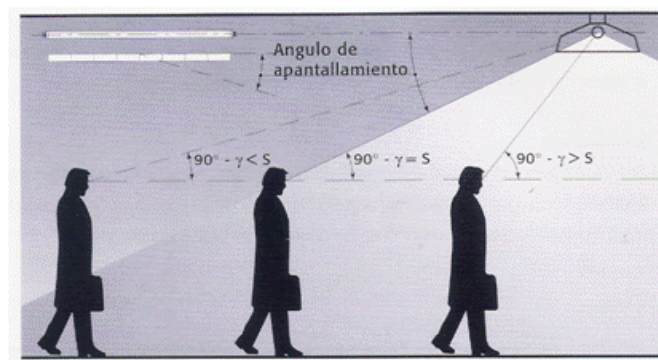
Los ángulos de apantallamiento requerido (figura 6 y 7) se muestran en la tabla 6. Si el ángulo de apantallamiento es igual o mayor que el tabulado, el deslumbramiento será de la clase especificada o mejor.

Figura 6. Ángulos de apantallamiento para varias luminarias



Fuente: Luminotecnia. Indalux 2002.

Figura 7. Control de deslumbramiento por apantallamiento



Fuente: Luminotecnia. Indalux 2002.

4.1.12. Selección de luminarias y fuentes luminosas.

En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las luminarias y las fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color de la fuente, duración y vida útil de la fuente, tipo y características de la luminaria, todo esto acorde con

las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas, ambientales y económicas.

Los criterios que se deben usar para identificar los tipos de luminarias son:

- ✓ Fotometría
- ✓ Uso
- ✓ Tipo de fuente de luz o bombilla
- ✓ Dimensiones y forma de la luminaria
- ✓ Montaje o instalación requerida
- ✓ Cerramiento o índice de protección
- ✓ Tipo de superficie reflectora de su conjunto óptico.

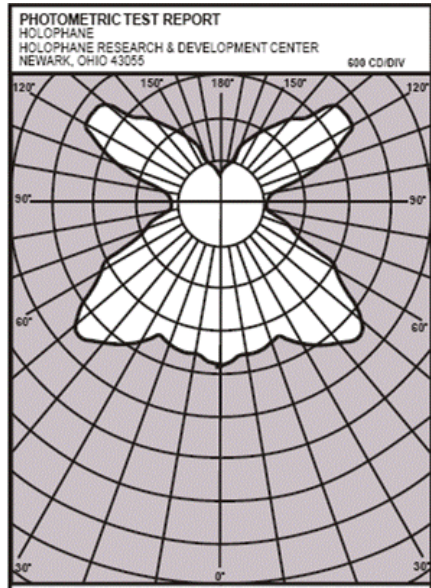
4.1.13. Documentos fotométricos.

Para identificar, clasificar y seleccionar las fuentes y luminarias es necesario conocer sus parámetros mediante los documentos fotométricos que deben suministrar los fabricantes y distribuidores.

Matriz de intensidades: Es el principal documento fotométrico de cualquier luminaria y muestra la información de distribución de intensidad lumínica.

Diagrama isolux: es una representación a escala de los niveles lumínicos que se alcanzarían sobre algún plano horizontal de trabajo en relación con la altura de montaje. Permite realizar cálculos gráficos manuales bastante precisos punto a punto en instalaciones de alumbrado público, instalaciones industriales o en canchas deportivas.

Figura 8. Matriz de intensidades de una luminaria



Fuente: Principios de iluminación. Manual de Holophane, octubre 2010.

Diagrama polar de intensidad luminosa: Corresponde a uno o varios planos C específicos en un diagrama isocandela. En el modelo CIE, los planos utilizados para conformar diagramas polares son: C_{90} - C_{270} y el que contiene el valor de la máxima intensidad.

4.1.14. Tipos de fuentes.

Se sabe por experiencia estadística que el umbral mínimo de luminancia es de 10-5 cd/m², que el deslumbramiento aparece a partir de 5.000 cd/m² y que en ningún caso se debe pasar de 20.000 cd/m². Para fines de control de deslumbramiento, conviene dividir las fuentes en dos grandes grupos, es decir, las que tienen una luminancia por debajo de 20.000 cd/m² y las que tienen una luminancia por encima de este valor.

Tabla 7. Ángulos de apantallamiento mínimos requeridos adicionalmente

Rango de luminancia media de la lámpara (cd/m ²)	Angulo de apantallamiento mínimo
20.000 a < 50.000	15°
50.000 a < 500.000	20°
≥ 500.000	30°

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 900. Segunda actualización. Edición 2004.

Las fuentes que están por debajo de los 20.000 cd/m², incluyen todos los tipos normales de lámparas fluorescentes. Las luminarias para este grupo de fuentes emplean, para el control de deslumbramiento, materiales translúcidos y el apantallamiento. En algunas circunstancias la luminancia de la lámpara es lo suficientemente baja para permitir emplearla desnuda.

El grupo de fuentes por encima de 20.000 cd/m² incluye la mayor parte de las lámparas de tipo compacto, con filamento incandescente y las variedades de descarga gaseosa. Aunque los dos métodos de control de deslumbramiento mencionados antes se emplean en lámparas de baja potencia, el método de apantallamiento se emplea casi exclusivamente para controlar el deslumbramiento en los tipos más potentes, en casos de alumbrado industrial.

4.1.15. Lámparas Fluorescentes.

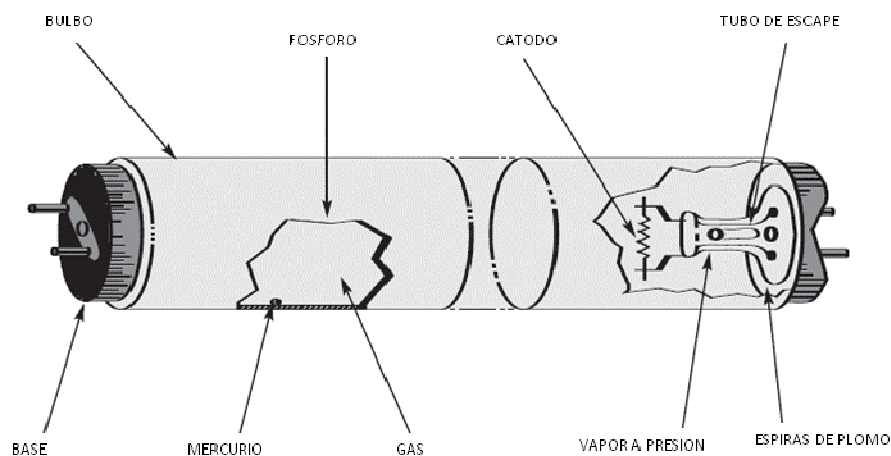
Estas lámparas son de descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio o baja presión y un gas inerte, cuyas paredes internas están recubiertas con sustancias fluorescentes. Se fabrica empleando un tubo de vidrio, el cual contiene argón y unos miligramos de mercurio en forma de vapor.

Cuando se aplica una tensión adecuada entre los electrodos o cátodos (recubiertos de un material que cede fácilmente electrones al ser calentado) de la lámpara, estos se ponen en incandescentes y comienzan a emitir electrones, que se aceleran en el interior del gas, ionizándolo y produciendo las descarga que establece el circuito eléctrico.

Los electrones provenientes de los cátodos chocan con los átomos de mercurio vaporizado, los cuales se encuentran en el interior del tubo.

Las radiaciones ultravioleta, al incidir sobre los materiales fluorescentes depositados en la pared interior del tubo, hacen que éstos se exciten y se produzca el fenómeno de la fluorescencia, es decir, comiencen a emitir radiaciones visibles para el ojo humano, por ser de mayor longitud de onda que las ultravioletas. [3]

Figura 9. Componentes de la lámpara fluorescente.



Fuente: Capítulo de lámparas fluorescentes tubulares. Philips. Edición 2009.

4.1.16. Duración o vida útil de la fuente lumínica.

Uno de los factores a tener en cuenta en todo proyecto de iluminación es la vida útil de la fuente, por lo que el fabricante deberá suministrar dicha información.

a) Curvas de depreciación luminosa de las fuentes. El flujo luminoso de las fuentes luminosas decrece en función del tiempo de operación por desgaste de sus componentes. La curva característica de depreciación bajo condiciones de operación nominales varía dependiendo de la sensibilidad de la misma al número de ciclos de encendido y apagado. Ver curva de depreciación típica en la figura 4.

b) Vida económica de las fuentes y análisis económico de las luminarias. La vida económica de una fuente luminosa, es el periodo expresado en horas después del cual la relación entre el costo de reposición y el costo de los lúmenes-hora que sigue produciendo, no es económicamente favorable. La vida económica depende por consiguiente de la curva característica de depreciación, del costo de las bombillas de reemplazo, del costo de la mano de obra para el cambio y del costo de la energía consumida.

4.1.17. Balastos.

Son aparatos eléctricos que adecuan la energía eléctrica disponible en las redes de alimentación, a las condiciones de operación exigidas por las lámparas para su normal funcionamiento. Cada balasto está diseñado para hacer funcionar un tipo particular de lámpara a un voltaje específico.

Las pérdidas eléctricas en los balastos se pueden calcular determinando la diferencia entre la potencia de entrada y los Watts entregados a la lámpara.

$$\text{Pérdidas de balasto} = \text{watts de entrada en balasto} - \text{watts en lámpara}$$

La tabla 8, brinda información para la mayoría de tipos comunes de balastos para lámparas fluorescentes.

Tabla 8. Watts de entrada de balasto de lámparas fluorescentes típicas

Tipo de lámpara	Corriente nominal de lámpara	Potencia nominal de lámpara (W)	Entrada del sistema (W)								Tipo de circuito
			Balasto estándar		Balastos para ahorro de energía		Balastos electrónicos				
			1 lámpara	2 lámparas	1 lámpara	2 lámparas	1 lámpara	2 lámparas	3 lámparas	4 lámparas	
F32T8	0.265	32	-	-	37	71	36	58	87	112	RS
F40T12	0.430	40	57	96	50	86	36	71	109	-	RS
F40T12,ES	0.460	34/35	50	82	43	72	31	59	93	-	RS
F48T12	0.425	40	61	102	-	-	-	-	-	-	IS
F96T12	0.425	75	100	173	-	158	88	140	-	-	IS
F96T12, ES	0.455	60	83	138	-	123	73	116	-	-	IS

RS = rapid start
IS = instant start

Fuente: Eficiencia energética en iluminación. Cristian Landacay J. Ecuador 2009.

4.1.18. Factor de balasto.

Se define como el grado de rendimiento luminoso entregado por el balasto a la lámpara. El Factor de Balasto FB es la potencia útil que el balasto entrega al tubo, dividida por la potencia nominal del tubo; o la cantidad de luz real que entrega el tubo, dividido por la cantidad de luz nominal que entrega el tubo. En la tabla 9, se presenta el valor característico de factor de balasto para diferentes tipos de balasto.

Tabla 9. Factor de balasto

Factor de balasto	Características
1	Para balastos electrónicos con bombillas fluorescentes
0.95	Para balastos electromagnéticos con bombillas fluorescentes
0.97	Para balastos electromagnéticos con bombillas HID (*)

(*) Para bombillas del tipo HID se propone la utilización de un factor de balasto de 0.97, pero deberá tenerse en cuenta que ésta aún no se ha definido normativamente.

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 900. Segunda actualización. Edición 2004.

Vida de Balastos: Los balastos fluorescentes son de vida larga y se puede esperar que duren entre 12 - 15 años de funcionamiento normal, contando que los límites nominales no se excedan. Sin embargo, las temperaturas altas reducen la vida del balasto, y un incremento de 10°C en el punto caliente de temperatura, puede reducir la vida esperada en un 50%. El reemplazo de balastos de baja eficiencia obsoletos con unidades de alta eficiencia nuevas puede brindar un doble beneficio: ahorros de energía y vida de funcionamiento del balasto más prolongada, ya que los balastos más eficientes generalmente funcionan a temperaturas menores.

4.1.19. Balastos para lámparas fluorescentes.

Cada lámpara tiene unas características particulares y por tanto necesitan un balasto específico. Existen dos grupos bien diferenciados de balastos para lámparas fluorescentes.

4.1.19.1. Balasto electromagnético.

El balasto electromagnético consiste básicamente de un núcleo de láminas de acero rodeadas por dos bobinas de cobre o aluminio. Este arreglo transforma potencia eléctrica en una forma apropiada para arrancar y regular la corriente de la lámpara fluorescente. El componente principal de la mayoría de los balastos electromagnéticos es el capacitor, pues éste optimiza el factor de potencia, de tal forma que puede utilizar energía de manera más eficiente. Los balastos electromagnéticos equipados con capacitor son los llamados balastos de alto factor de potencia.

4.1.19.2. Balasto electrónico.

Los balastos electrónicos constituyen un sistema de alimentación de alta frecuencia (superiores a 20kHz). El sistema consiste en un circuito impreso con componentes electrónicos que hacen trabajar a las lámparas por encima de la frecuencia de la red, a diferencia de los balastos convencionales, consiguiendo hasta un 10% más de flujo luminoso.

Los balastos electrónicos en comparación con los electromagnéticos, presentan las siguientes ventajas:

- Mejoran la eficiencia de la lámpara y el sistema.
- No producen efecto de parpadeo electroboscópico.
- Brindan un arranque instantáneo sin necesidad de arrancador separado.
- Incrementan la vida de la lámpara.
- Factor de potencia próximo a la unidad.
- Conexión simple.
- No producen zumbido ni otros ruidos.
- Poseen menor aumento de la temperatura.
- Pueden ser utilizado con corriente continua.

4.1.20. Temperatura De Color (Tc).

La temperatura de color es una expresión que se utiliza para indicar el color de una fuente de luz por comparación de ésta con el color del cuerpo negro, es decir, del “radiante perfecto teórico” (objeto cuya emisión de luz es debida únicamente a su temperatura). Como cualquier otro cuerpo incandescente, el cuerpo negro cambia de color a medida que se aumenta su temperatura, adquiriendo al principio, el tono de un rojo sin brillo, para luego alcanzar el rojo claro, el naranja,

el amarillo y finalmente el blanco, el blanco azulado y el azul. El color, por ejemplo, de la llama de una vela, es similar al de un cuerpo negro calentado a unos 1800 K, y la llama se dice entonces, que tiene una temperatura de color de 1800 K.

Las lámparas incandescentes tienen una temperatura comprendida entre los 2700 y 3200 K, según el tipo, por lo que su punto de color determinado por las correspondientes coordenadas, queda situado prácticamente sobre la curva del cuerpo negro. Esta temperatura no tiene relación alguna con la del filamento incandescente.

Por lo tanto, la *temperatura de color* no es en realidad una medida de temperatura. Define sólo color y sólo puede ser aplicada a fuentes de luz que tengan una gran semejanza de color con el cuerpo negro.

Tabla 10. Equivalencia entre apariencia de color y temperatura de color.

Grupo de apariencia de color	Apariencia de color	Temperatura de color (K)
1	Calido	Por debajo de 3300
2	Intermedio	De 3300 a 5300
3	Frío	Por encima de 5300

Fuente: Luminotecnia. Indalux 2002.

4.1.21. Índice de rendimiento de color (IRC).

El dato de temperatura de color se refiere únicamente al color de la luz, pero no a su composición espectral, que resulta decisiva para la reproducción colores. Así, dos fuentes de luz pueden tener un color muy parecido y poseer al mismo tiempo unas propiedades de reproducción cromática muy diferentes.

El índice de reproducción cromática (IRC), caracteriza la capacidad de reproducción cromática de los objetos iluminados con una fuente de luz. El IRC ofrece una indicación de la capacidad de la fuente de luz para reproducir colores normalizados, en comparación con la reproducción proporcionada por una fuente de luz patrón de referencia.

Tabla 11. Índice de rendimiento de color (IRC)

Fuentes luminosas	T _c (K)	IRC
Cielo azul	10.000 a 30.000	85 a 100 (grupo 1)
Cielo nublado	7.000	85 a 1000 (grupo 1)
Luz solar día	6.000	85 a 100 (grupo 1)
Lámparas de descarga (excepto Na)	6.000 3.000 a 5.000 Menos de 3.000	96 a 100 (grupo 1)
Luz día (halógenos)		70 a 84 (grupo 2)
Blanco neutro		40 a 69 (grupo 3)
Blanco cálido		
Lámpara de descarga (Na)	2.900	Menos de 40
Lámpara incandescente	2.100 a 3.200	85 a 100 (grupo 1)
Lámpara fotográfica	3.400	85 a 100 (grupo 1)
Llama de vela o de bujía	1.800	40 a 69 (grupo 3)

Fuente: Luminotecnia. Indalux 2002.

4.1.22. Grupos de rendimiento de color en las lámparas.

Para simplificar las especificaciones de los índices de rendimiento de color de las lámparas que se utilizan en iluminación, se han introducido grupos de rendimiento en color como se indica en la tabla 12.

Tabla 12. Grupos de rendimiento de color de las lámparas

Grupo de rendimiento en color	Rango de rendimiento en color (IRC ó R _a)	Apariencia del color	Ejemplos para usos preferible	Ejemplos para uso aceptable
1A	IRC ≥ 90	Cálido Intermedio Frio	Igualaciones de color, exploraciones clínicas, galería de arte.	
1B	90 > IRC ≥ 80	Cálido Intermedio	Casas, hoteles, restaurantes, oficinas, escuelas, hospitales.	
		Intermedio Cálido	Imprenta, industria de pintura y textiles, trabajo industrial.	
2	80 > IRC ≥ 60	Cálido Intermedio Frio	Trabajo industrial	Oficinas, escuelas.
3	60 > IRC ≥ 40		Industrias bastas	Trabajo industrial
4	40 > IRC ≥ 20			Trabajos bastos, trabajo industrial con bajo requerimiento de rendimiento de color.

Fuente: Luminotecnia. Indalux 2002.

4.1.23. Valor de eficiencia energética de la instalación – VEEI-.

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se evaluará mediante el indicador denominado Valor de Eficiencia Energética de la Instalación VEEI expresado en W/m² por cada 100 luxes, mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = (P \times 100) / (S \times E_{\text{prom}})$$

P: Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas en W.

S: Superficie iluminada [m²].

E_{prom}: Iluminancia promedio horizontal mantenida [lux]

En la tabla 13, se indican los *valores límite de eficiencia energética de la instalación* (VEEI) que deben cumplir los recintos interiores de las edificaciones; criterio adaptado de la norma UNE 12464-1 de 2003.

Tabla 13. Valores límite de eficiencia energética de las instalaciones (VEEI)

Grupo	Actividad de la zona	Límites VEEI
a. Zonas de baja importancia lumínica	Administrativa en general	3.5
	Andenes de estaciones de transporte	3.5
	Salas de diagnóstico	3.5
	Pabellones de exposición de ferias	3.5
	Aulas y laboratorios	4.0
	Habitaciones de hospital	4.5
	Otros recintos interiores diferentes a grupo "a" no descritos en la lista anterior	4.5
	Zonas comunes	4.5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Parqueaderos	5
	Zonas deportivas	5
b. Zonas de alta importancia lumínica	Administrativa en general	6
	Estaciones de transporte	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7.5
	Centros comerciales (excluidas tiendas)	8
	Hostelería y restauración	10
	Otros recintos interiores diferentes a grupo "b" no descritos en la lista anterior	10
	Centros de culto religioso en general	10
	Salones de reuniones, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo y salas de conferencia.	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes	10
	Habitaciones de hoteles, etc	12

Fuente: RETILAP 2010. Sección 440.1.

Los valores de VEEI se establecen en dos grupos de zonas en función de la importancia que tienen.

Zona de baja importancia lumínica. Corresponde a espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminancia, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.

Zonas de alta importancia lumínica. Corresponde a espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son relevantes frente a los criterios de eficiencia energética.

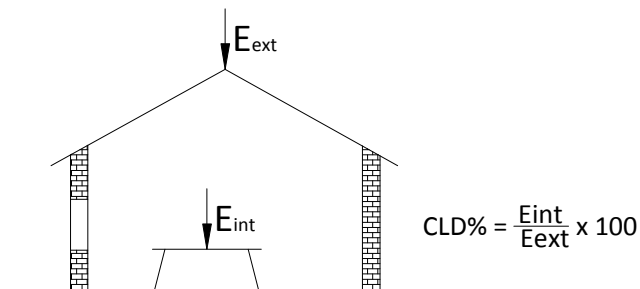
4.1.24. Aprovechamiento de la luz natural.

Para disminuir el consumo de energía asociada al alumbrado, en toda construcción que requiera iluminación para desarrollar cualquier tipo de actividad, se debe utilizar hasta donde sea posible la luz natural proporcionada por la energía radiante del sol, la cual está disponible a lo largo del día en forma directa o a través de bóveda celeste.

4.1.25. Coeficiente de luz diurna (CLD).

La disponibilidad de la luz natural en interiores y su potencial de ahorro de energía debe estimarse mediante el coeficiente de luz diurna promedio (CLD).

Figura 10. El coeficiente de luz diurna CLD.



Fuente: RETILAP 2010. Sección 410.2.1.

El CLD expresa la relación, en porcentaje, entre la iluminancia promedio interior (E_{int}) producida por la luz natural a la altura del plano de trabajo y la iluminancia exterior (E_{ext}) determinada en el mismo instante en un cielo uniformemente nublado y sin obstrucciones.

La iluminancia promedio interior se medirá conforme a los *Procedimientos para las mediciones fotométricas en iluminación interior* (Sección 490 RETILAP). Para la

medición de la iluminancia exterior en consideración a la condición definida para su uso en el indicador CLD, o de alta uniformidad, se requerirán de una medición en un solo punto.

El coeficiente de luz diurna (CLD) cuantifica los efectos del exterior y del interior en la iluminancia de un espacio interior considerado en una edificación.

Tabla 14. Valores mínimos de CLD que deben cumplir las edificaciones

CLD en edificaciones no residenciales		CLD en edificaciones residenciales	
Fabricas	5	Alcobas a 3/4 del ancho del recinto	0,5
Oficinas	2	Cocina en la mitad del ancho del recinto	2
Salones de clase	2	Sala en la mitad del ancho del recinto	2
Hospitales	2		

Fuente: RETILAP 2010. Sección 410.2.2 c).

4.2. SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.

Los sistemas de refrigeración y acondicionamiento de aire son el conjunto de equipos y accesorios de tecnología electromecánica que, basados en principios de la termodinámica y transferencia de calor, realizan el trabajo necesario para mantener una determinada área bajo ciertas condiciones preestablecidas de temperatura y humedad relativa. El principal objetivo del presente estudio es dar a conocer los conceptos y métodos necesarios para comprender todo lo relacionado con este tipo de sistemas en el contexto de las áreas estudiadas.

Inicialmente se tratarán los fundamentos necesarios para la comprensión exacta de este apartado como son: la medición de humedad relativa, cuyo impacto en el estudio es de alta relevancia ya que esta medición arrojará uno de los indicadores importantes para poder determinar el estado funcional de los sistemas de acondicionamiento de aire instalados en el Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico (ITSA).

A continuación, se enunciarán las pautas técnicas y principios de control de humedad relativa y temperatura en el presente trabajo. El fundamento en este enunciado será la Carta Psicrométrica obtenida de los documentos referidos dentro de la bibliografía.

Por último, la zona de confort se complementará con los equipos y técnicas de deshumidificación, control de la temperatura y criterios de confort para dar al lector mayor comprensión en cuanto a los requisitos y criterios para el diseño y selección de sistemas de acondicionamiento de aire.

4.2.19. Medición de la Humedad Relativa (HR).

La Humedad Relativa se puede medir usando un higrómetro o usando los termómetros de bulbo seco y de bulbo húmedo. Esto implica el uso de las tablas o de la carta psicrométrica. Se han desarrollado instrumentos, los cuales dan una lectura directa de la humedad relativa. La operación de estos instrumentos se basa en la propiedad de algunos materiales para absorber humedad y luego cambiar su forma o tamaño, dependiendo de la humedad relativa de la atmósfera. Se pueden utilizar materiales, tales como cabello humano, madera y algunas otras fibras. Los más comunes son los de tipo colgables en la pared, con una carátula graduada y una aguja que indica la Humedad Relativa (HR) en %. También es posible medir la HR electrónicamente. Esto se hace utilizando una sustancia, en la cual, la conductividad eléctrica cambia con el contenido de humedad. Cuando el instrumento está en operación, el elemento sensor se coloca en el espacio donde se va a medir la humedad.

Este elemento sensor puede ser una sonda conectada mediante un cable al instrumento, o en instrumentos portátiles, viene integrado a los mismos. Estos instrumentos tienen una pantalla digital, donde se puede indicar, además, las temperaturas de bulbo seco y del punto de rocío. Algunas veces, se requiere una lectura continua en un espacio controlado. Aquí, se utiliza un instrumento registrador que indica la humedad y la temperatura. Los hay para 24 horas o para siete días en gráficas de papel circulares, o en gráficas cilíndricas de papel rígido.

En el presente proyecto se ha hecho uno de un higrómetro digital, para efectuar las mediciones requeridas. El propósito de medir la humedad relativa y la temperatura de bulbo es poder determinar si las condiciones de las salas o áreas evaluadas se hallan o no dentro de la zona de confort de la tabla psicrométrica.

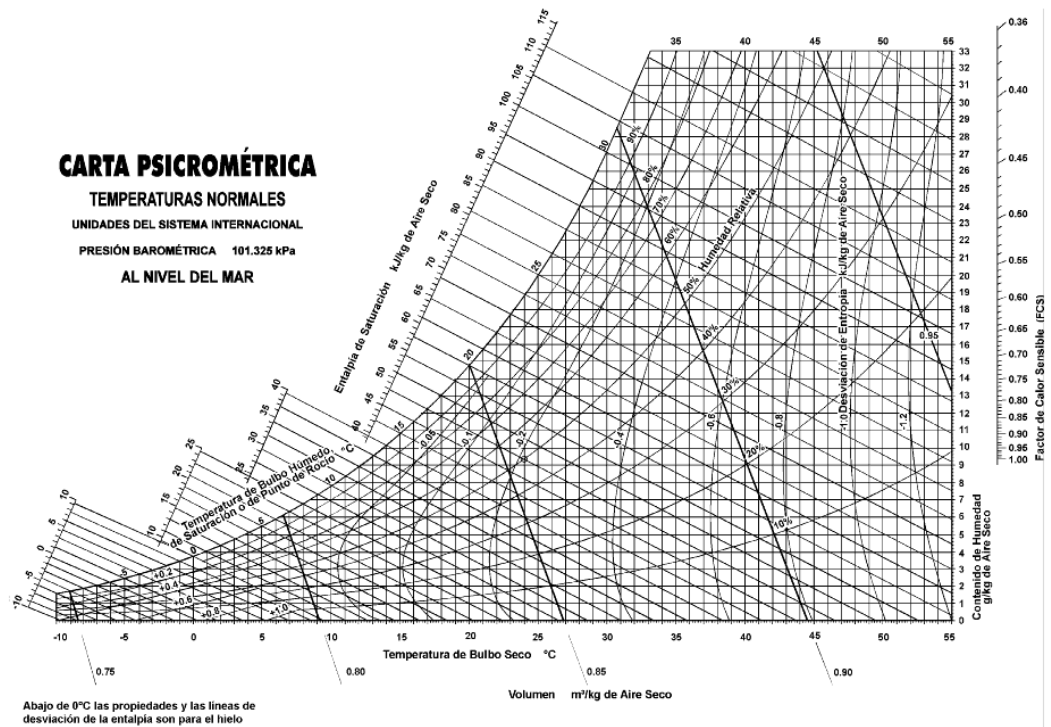
Las mediciones reposan en las tablas anexas de la aplicación en Microsoft Office Excel 2007 diseñada para calcular el trabajo neto de cada máquina por carga térmica en cada área.

4.2.20. Psicometría.

La ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) define el acondicionamiento del aire como: "El proceso de tratar el aire, de tal manera, que se controle simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución, para que cumpla con los requisitos del espacio acondicionado".

Psicrometría es una palabra que impresiona, y se define como la medición del contenido de humedad del aire. Ampliando la definición a términos más técnicos, psicrometría es la ciencia que involucra las propiedades termodinámicas del aire húmedo y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y el confort humano. Ampliando aún más, incluiríamos el método de controlar las propiedades térmicas del aire húmedo. Lo anterior, se puede llevar a cabo a través del uso de tablas psicrométricas o de la carta psicrométrica.

Figura 11. Carta psicrométrica.

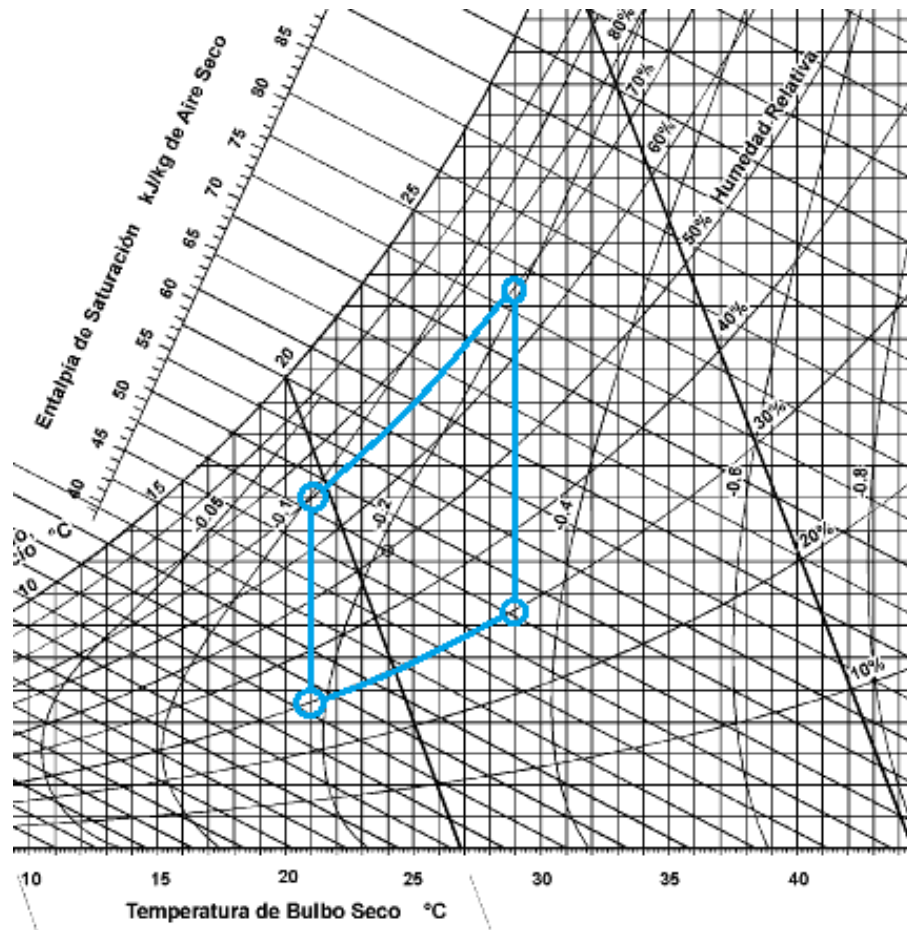


Fuente: ASHRAE, Capítulo 13

4.2.21. Zona de Confort.

El ser humano estará confortable bajo una variedad de combinaciones de temperatura y humedad. La mayoría de la gente está confortable en una atmósfera con una humedad relativa de entre 30% y 70%, y una temperatura entre 21 °C y 29 °C. Estos puntos están representados por el área resaltada en la carta psicrométrica de la figura 12. Dicha área se conoce como zona de confort.

Figura 12. Zona de confort dentro de la carta psicrométrica



Fuente: ASHRAE, Capitulo 13

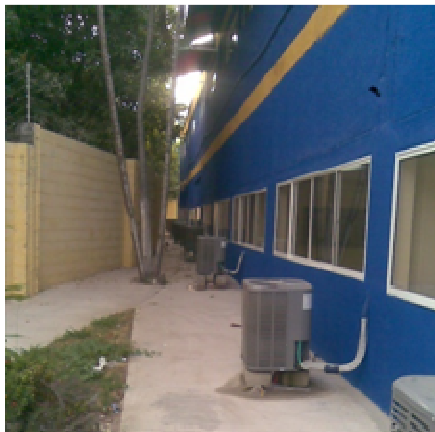
La razón por la cual existe la industria del acondicionamiento de aire (refrigeración, ventilación y calefacción), es porque la naturaleza no siempre proporciona las condiciones ideales anteriores. Un sistema de aire acondicionado, debe modificar las condiciones existentes, utilizando diferentes procesos para lograr las condiciones deseadas. Estos procesos pueden modelarse sobre la carta psicrométrica.

En el interior, es posible controlar completamente los factores que determinan el confort en un espacio encerrado. Hay una relación definida entre confort y las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire.

Nótese la zona de confort. El área delineada, indica el rango usual de temperaturas y humedades, en el cual la mayoría de la gente se siente confortable. Nótese también, que con una alta humedad relativa, uno está confortable a menor temperatura, que a una temperatura deseada a condiciones de baja humedad relativa.

Actualmente existen diversos equipos y sistemas para el acondicionamiento de áreas, básicamente son: Los Sistemas de gran tamaño Chillers (enfriador de agua). Sistemas de gas refrigerante y compresor (comúnmente llamados equipo de aire acondicionado). Los sistemas deshumidificadores o secadores (Caso Empresa Bionaire).

Figura 13. Unidad condensadora mini split en Bloque de Aulas.



Entre los sistemas antes mencionados, los aires acondicionados por gas refrigerante y compresor han adquirido una gran aceptación en el mercado, por parte del usuario doméstico y comercial, y son el sistema aceptado por el ITSA

institución objeto de estudio. Estos sistemas se pueden encontrar de muchas formas, entre ellos el sistema portable, sistemas de aplicación tipo ventana, y sistemas Mini Split.

Figura 14. Sistema de aire acondicionado de aplicación tipo ventana.



Fuente: <http://www.samsung.com/co/consumer/homeappliances/airconditioners/window-type/>

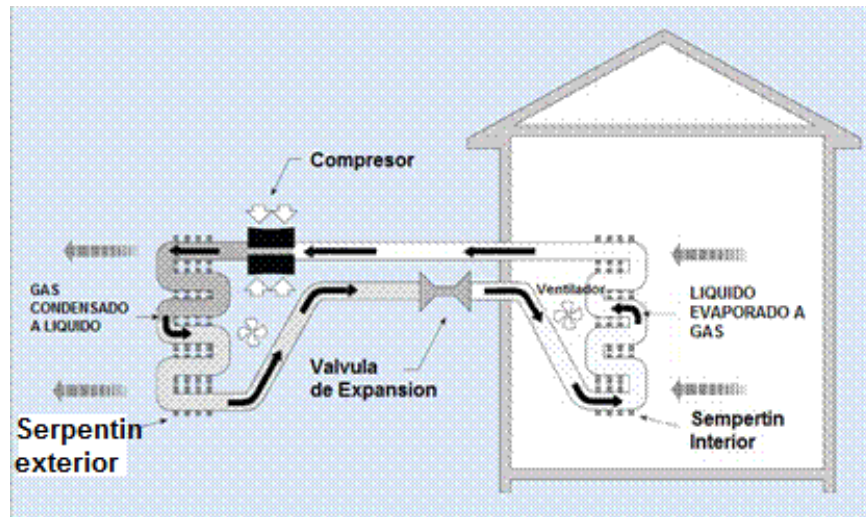
Figura 15. Sistema de aire acondicionado tipo mini split.



Fuente: http://www.comfortstarusa.com/INT_MiniSplits.asp

Tal como lo muestra la figura 15 el sistema de aire acondicionado tipo mini split, está conformado básicamente por dos unidades de trabajo. El sistema mini split realiza el trabajo de la bomba de calor, es decir extrae la energía por transferencia de calor aprovechando las propiedades de un gas refrigerante que circula en un circuito cerrado de tuberías, serpentines, compresor y válvula de expansión.

Figura 16. Esquema básico de circulación de gas refrigerante en sistema mini split.



Fuente: http://www.energysavers.gov/your_home/space_heating_cooling.

La figura 16, muestra como el compresor se localiza en la parte exterior del edificio, esto evita tener que abrir una ventana o espacio en la pared para montar el equipo, y mejora la capacidad de transferencia de calor por conexión en el medio exterior. Solo es necesaria la apertura para la tubería de entrada y salida de gas. Este montaje se repite en todas las habitaciones, salones, oficinas u otras aéreas, ya que la tecnología mini split se usa individualmente para cada área.

Las necesidades de CONFORT TERMICO y CALIDAD DEL AIRE INTERNO (IAQ) son exigencias en los sistemas de aire acondicionado y refrigeración (CVAC/R) Para lograr dichos propósitos es necesario confirmar la primera midiendo la temperaturas seca y húmeda, la humedad relativa interna, aparte de obtener una conformidad del 80 % de los usuarios (según norma ANSI/ASHRAE 55-1992). La calidad del aire se verificara mediante la medición de la cantidad del aire externo: Caudal = Velocidad medida promedio en la rejilla x área. (Norma ANSI/ASHRAE 41.2-1987)

4.2.22. Acondicionadores de recinto, paquetes terminales de aire acondicionado y deshumidificadores.

4.2.22.1. Equipos de recinto.

Son aquellos diseñados para ser instalados sobre muros o en ventanas con el fin de enfriar o tibar un cuarto, sin o con ducto (máximo 1200m.m.).

La función básica es proveer confort enfriando, deshumectando, filtrando o limpiando y recirculando el aire del recinto. Puede también proveer renovación de aire.

El Instituto de Aire Acondicionado y Refrigeración (por sus siglas en ingles ARI) define un Paquete Terminal de Aire Acondicionado (PTAC) una perimétrica y no encapsulada combinación de serpentines de calentamiento y enfriamiento montados a través de la pared. Un PTAC incluye componentes de refrigeración, separable outdoor louvers, ventilación forzada y calefacción por agua caliente, vapor o resistencia eléctrica. Lo más común son los fan-coils, los mini-split o multi-split. Para enfriamiento, que podrían incluir serpentín de calefacción.

Las normas de soporte son las siguientes:

- ✓ ANSI/ASHRAE 79-1984 (RA-91): Room Fan-coil
- ✓ ANSI/ASHRAE 16-1983 (RA 88)
- ✓ ASHRAE 127-1988: Computer and Data processing Room unitary air-conditioners.
- ✓ NTC 4295: Norma técnica colombiana para ensayo de equipos de ventana.
- ✓ NTC 4366: Eficiencias máximas consideradas para equipos de 1758 A 10548 W. Basado en lo anterior, las discusiones en el comité y la consulta pública,

se presentó una modificación a la NTC- 4366 y está pendiente la modificación a la NTC-4295.

Acondicionadores unitarios. ARI define acondicionadores unitarios uno o más conjuntos o ensamblajes hechos en fábrica que normalmente incluyen un evaporador o enfriador, un compresor y el condensador. También puede incluir un serpentín de calentamiento (no usado en Colombia). Una bomba de calor unitaria es un conjunto de fábrica de una o más partes que incluye un serpentín acondicionador interno, un compresor y un serpentín externo. El calor puede ser extraído o rechazado de un ciclo de agua o aire. Cuando las partes a ensamblar son más de una se dice que el sistema es dividido (SPLIT), caso de manejadoras y condensadoras. Los documentos base fueron:

- ✓ ANSI/ASHRAE 37-1988R: unitary air conditioners and heat pumps
- ✓ La NOM-011-ENERO 1996, norma mexicana sugiere un COP de 2.93 Wt/We, como valor mínimo de eficiencia energética para equipos tipo paquete o sistema dividido, operados eléctricamente con capacidades de enfriamiento de 10540 W hasta 17580 W, que funcionan por compresión mecánica y que incluyen un serpentín evaporador enfriador de aire, un compresor y un serpentín condensador enfriado por aire o agua.
- ✓ ¿Aplica la norma NTC 3292.? Sí. La norma lo especifica en el numeral 2.1 párrafo segundo.
- ✓ NTC 4366: Eficiencias máximas consideradas para equipos de recinto. Basado en lo anterior, las discusiones en el comité, y la consulta pública, se presentó una modificación a la NTC-4366 y la elaboración de dos nuevas normas: NTC –5104 sobre eficiencia energética y la norma de ensayo NTC-5115.

4.3. CALIDAD DE LA ENERGÍA

4.3.19. Calidad de la potencia.

En la actualidad no existe un concepto unificado a nivel mundial. Muchas organizaciones le han dado interpretaciones. Para definir a la Calidad de Potencia primero hay que comenzar con el nivel superior el cual es la “Calidad de Servicio Eléctrico”. Esta es la totalidad de las características técnicas y administrativas relacionadas a la distribución, transmisión y generación de la energía eléctrica que le otorgan su aptitud para satisfacer las necesidades de los usuarios. Dicho de forma más específica son el conjunto de características de la electricidad en un punto dado de un sistema de potencia en un momento determinado, que permiten satisfacer las necesidades requerida por el usuario de la electricidad. Estas características son evaluadas con respecto a un conjunto de parámetros técnicos de referencia.

4.3.20. Corriente de demanda máxima.

Es el valor máximo de corriente R.M.S., de todas las fases, agregada en intervalos de 10 min. En un periodo de evaluación de mínimo una semana.

4.3.21. Corriente de cortocircuito.

Para propósito de esta forma, es la mínima corriente de corto circuito trifásica que se tenga disponible para hacer la evaluación en el punto de conexión común (amperios rms). En el caso de un usuario monofásico se debe utilizar la corriente de corto monofásica.

4.3.22. Desbalance de tensión.

En un sistema polifásico, es el estado en el cual el valor eficaz de las tensiones de las fases o los ángulos entre fases consecutivas no son todos iguales.

4.3.23. Fluctuación de tensión.

Serie de cambios en la tensión o variaciones continuas de la tensión eficaz en el valor pico de tensión.

4.3.24. Interrupción de alimentación.

Es un evento de caída de tensión por debajo de 10% de la tensión declarada V_c . Una interrupción de alimentación puede ser clasificada como:

- Programada, cuando los clientes son informados con antelación para permitir la ejecución de trabajos programados en la red de distribución.
- Accidental, cuando la interrupción es provocada por fallas permanentes o transitorias, la mayoría de las veces ligadas a sucesos externos o averías. Una interrupción accidental puede ser clasificada como: *Interrupción larga* (mayor de un (1) minuto) provocada por una falla permanente o, *Interrupción corta* (menor o igual a un (1) minuto), provocada por una falla transitoria.

4.3.25. Relación de cortocircuito (L_{sc}/L_I).

Es la relación de la corriente de cortocircuito en el punto de conexión común (PCC), a la corriente de demanda máxima.

4.3.26. Tensión residual (V_{res}).

Es el mínimo valor eficaz de la tensión registrado durante un hundimiento en tensión o una interrupción. La tensión residual se expresa como un valor en voltios, o en porcentaje con respecto a la tensión de alimentación declarada.

4.3.27. Interferencias Electromagnéticas.

Las interferencias son un problema cuando existe: un generador de perturbaciones, un circuito afectado y una trayectoria de acoplamiento. Se conocen tres maneras para eliminarlas: anularlas en la fuente, insensibilizarlas al receptor o disminuir la energía transmitida a través de la trayectoria de acoplamiento o una combinación de los tres. Las interferencias pueden clasificarse de acuerdo con su origen y pueden ser:

- Naturales, como las producidas por descargas atmosféricas, descarga electroestáticas.
- Artificiales, cuando se originan como consecuencia del funcionamiento del sistema.

4.3.28. Cargas lineales.

Son las cargas cuya corriente graficada vs. La tensión aplicada, produce una línea recta. Estas cargas son las resistencias puras, inductancias y capacitancias.

4.3.29. Carga Crítica.

Los sistemas eléctricos alimentan equipos, los cuales son utilizados por usuarios, quienes califican la criticidad de las cargas alimentadas por esta señal, de acuerdo con su aplicación; es decir, un equipo de alta cirugía es crítico no por el equipo en sí, ni por su tecnología, sino por la necesidad de que aquel funcione satisfactoriamente para que el cirujano pueda realizar adecuadamente su trabajo. La criticidad la da la aplicación o el proceso en sí mismo. En general el sistema eléctrico alimenta cargas que pueden ser industriales, comerciales o residenciales y es el usuario quien le da la criticidad determinada de acuerdo con sus necesidades.

Otro punto es la susceptibilidad, la cual consiste en el nivel absoluto de inmunidad que tenga un equipo, un dispositivo o sistema a las diferentes categorías de perturbaciones producidas en un sistema eléctrico. La carga puede ser crítica o no dependiendo de la aplicación, susceptibilidad y percepción del usuario sobre su uso o aplicación

4.3.30. Interrupciones.

Se define una interrupción como la pérdida completa de la tensión ($< 0.1\text{pu}$) en una o más fases en un tiempo determinado. Las interrupciones ocurren cuando la tensión suministrada o la corriente de carga decrecen a menos de 0.1 en p.u., en una o varias fases por un período que no exceda el minuto. Pueden ser momentáneas, temporales o sostenidas. Las interrupciones momentáneas duran entre 8 ms y 3s, las temporales duran entre 3s y 60s, y las sostenidas duran más de 60s.

Es importante destacar la diferencia entre una interrupción y un Sag, una interrupción es la pérdida completa del voltaje (menos del 10% del nominal) mientras que un Sag puede disminuir hasta un 90% del voltaje nominal (debe haber entre 10 y 90% del nominal) pero no ocurre la pérdida total de la tensión

4.3.31. Sub Tensiones.

Son tensiones con valor inferior a la tensión nominal durante más de un minuto. Los valores típicos varían entre 0.8 y 0.9 p.u. y son el resultado de eventos inversos a los que causan sobre tensiones. El energizar grandes cargas, o desactivar bancos de condensadores, puede causar una baja de tensión mientras que los equipos de regulación proporcionan un nivel aceptable. Los circuitos sobrecargados también pueden resultar en caídas de tensión.

4.3.32. Transitorios.

Los transitorios son perturbaciones de corta duración, en la forma sinusoidal de la tensión, que se evidencia por una breve discontinuidad en la forma de onda. Son de polaridad positiva o negativa y básicamente pueden ser divididas en dos categorías: tipo impulso y tipo oscilatorio.

4.3.33. Sobre Tensiones.

Son tensiones con valor superior a la tensión nominal durante más de un minuto. Los valores típicos varían entre 1.1 y 1.2 p.u. Son el resultado de desactivar grandes cargas o variaciones en la compensación reactiva del sistema. Las

sobretensiones ocurren usualmente como resultado de prácticas de regulación inapropiadas: ajustes incorrectos de reguladores y condensadores.

4.3.34. Armónicos.

El concepto de análisis armónico viene del teorema matemático desarrollado por el Francés Jean Baptiste Joseph Fourier. En esta se describe que toda función periódica puede ser representada por una serie infinita de funciones seno y coseno múltiples de la frecuencia fundamental, las cuales son llamadas Series de Fourier.

Para una función de tiempo:

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin (n\omega t + \theta_n)$$

Donde C_n es la magnitud y θ_n es el ángulo de fase de cada una de las n frecuencias armónicas $\omega = 2\pi f$.

Es de destacar que el análisis armónico, lo que es lo mismo un análisis de fourier es un modelo matemático de las señales de tensión y corriente. La onda distorsionada que actualmente fluye a través del circuito no es un grupo de ondas senos de diferentes frecuencias.

La corriente armónica distorsiona la tensión al interactuar con la impedancia del sistema originando fallas en condensadores, transformadores, conductores neutros, motores, operación errática de relés, etc. Los armónicos característicos son aquellos armónicos producidos por equipos convertidores semiconductores en el curso de la operación normal. En un convertidor de seis (6) pulsos, los armónicos característicos son: 5, 7, 11, 13, etc.

Los armónicos no característicos son también producidos por equipos convertidores semiconductores en el curso de la operación normal. Por otro lado estos pueden ser el resultado de frecuencias oscilatorias; una demodulación de armónicos característicos y la fundamental; o un desbalance en los sistemas de potencia AC, el ángulo de retardo asimétrico, o el funcionamiento del ciclo convertidores.

Según la norma IEEE 519 – 1992 10.3 las tablas de permisión de distorsión armónica es la siguiente:

Tabla 15. Niveles máximos permitidos de distorsión armónica.

Límites de distorsión en corriente para sistemas de distribución 120 V < Vn ≤ 69 kV						
Relacion Icc/IL	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	h≥35	TDD
<20*	4	2	1,5	0,6	0,3	5
20 < 50	7	3,5	2,5	1	0,5	8
50 < 100	10	4,5	4	1,5	0,7	12
100 < 1000	12	5,5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2,5	1,4	20
Límites de distorsión en corriente para sistemas de subtransmisión 69 kV < Vn ≤ 161 kV						
<20*	2	1	0,75	0,3	0,15	2,5
20 < 50	3,5	1,75	1,25	0,5	0,25	4
50 < 100	5	2,25	2	0,75	0,35	6
100 < 1000	6	2,75	2,5	1	0,5	7,5
>1000	7,5	3,5	3	1,25	0,7	10
Límites de distorsión de corriente para sistemas de transmisión (Vn > 161 kV), generación distribuida y cogeneración,						
<20*	1	0,5	0,38	0,15	0,1	1,5
20 < 50	2	1	0,75	0,3	0,15	2,5
≥ 50	3	1,5	1,15	0,45	0,22	3,75

Fuente: IEEE 519. 1992

Esta tabla nos permite con la ayuda de un equipo de medición especializado determinar qué tan peligrosos son los armónicos en una red eléctrica.

4.3.35. Componente armónica.

Señal senoidal cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Las componentes armónicas pueden ser evaluadas de dos formas:

- Individualmente, según su amplitud relativa V_h con relación a la componente fundamental de V_1 , donde h representa el orden del armónico.
- Globalmente, es decir, según el valor de la tasa de distorsión armónica total THD calculada utilizando la formula siguiente:

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} V_h^2}$$

4.3.36. Otras fuentes de armónicos.

Entre otras fuentes están las cargas que trabajan mediante arcos eléctricos (soldadores, hornos de arco, etc). Como fuente futura puede estar la carga de batería de los vehículos eléctricos y su posible masificación exigirá de grandes cantidades de potencia en corriente continua, lo cual supone incremento en el número de equipos contaminantes.

4.3.37. Impacto de los armónicos en instalaciones comerciales y de oficinas.

La evaluación de la distorsión armónica en edificios comerciales está cobrando importancia por las siguientes razones:

- El aumento del uso de equipos electrónicos, alimentados por fuentes conmutables, como computadores, circuitos cerrados de televisión, luces fluorescentes, sistemas de sonido, etc. La mayoría de los cuales aunque de baja potencia, generan altos niveles de distorsión armónica.

- La iluminación fluorescente de alta eficiencia que usa balastos electrónicos, genera una distorsión armónica superior a la producida por las luminarias fluorescente con balastos magnéticos convencionales.
- Gran parte de la carga de los sistemas de aclimatación de los edificios (ventilación y aire acondicionado) está migrando hacia el uso de convertidores estáticos en el control de motores para mejorar la eficiencia total de la instalación; los cuales producen cantidades significativas de armónicos de corriente.

La contaminación eléctrica producida por estos equipos puede resultar en altos contenidos de corrientes por el conductor del neutro, causando recalentamiento del transformador y eventualmente interferencias con sistemas de comunicación. Los efectos acumulativos de las diferentes fuentes dependen de la configuración del sistema.

4.3.38. Impacto de los armónicos en las redes de media tensión.

Las características de respuesta de frecuencia de los sistemas de distribución son dominadas por la interacción entre los condensadores en paralelo y las inductancias del sistema. La amortiguación proporcionada por las cargas del sistema es importante. Cerca de los bancos de condensadores, y la capacitancia de los cables aislados puede influir en la resonancia del sistema.

Las más severas condiciones de resonancia ocurren cuando un solo banco de condensadores grande es el principal medio de compensación paralela en el sistema (un banco de condensador grande en una subestación, por ejemplo). En este caso, este es un punto de resonancia en el sistema, y distorsión de tensión significativa y aumento de corrientes armónicas pueden ocurrir si esta resonancia corresponde a una corriente armónica generada por cargas no lineales.

5. DELIMITACIÓN

5.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL

Este proyecto se llevará a cabo únicamente en los Bloques CRD, Admisiones/Biblioteca y Bloque de Aulas de Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico, ubicado en la Calle 17 No. 39-100, antigua sede de Transelca.

Figura 17. Ubicación geográfica del Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico, ITSA.



5.2. DELIMITACIÓN CRONOLÓGICA

El proyecto tiene como plan de desarrollo llevarse a cabo dentro del periodo que va desde el día 7 de marzo del 2011 hasta el día 06 de junio del 2011, refiriéndose a tres (3) meses de trabajo en equipo, tiempo que se distribuye trabajando de forma grupal todos los domingos de 10: 00 AM a 4:00 PM y de forma independiente o grupal, según lo requieran las actividades, en las horas de la tarde, después de las 6: 00 PM, entre semana.

6. ALCANCE

- Se hará levantamiento arquitectónico de las áreas no tengan registro de planos.
- Se llevarán a cabo una serie de mediciones que tendrán como objetivo dejar por sentado memorias de análisis energético.
- Se presentarán recomendaciones de acuerdo a las anomalías encontradas.
- Se harán rediseños de iluminación en donde sea necesario.
- Se rediseñara el sistema de aire acondicionado donde sea necesario.

7. LIMITACIONES

- ✓ El estudio no contempla la iluminación exterior de las áreas evaluadas.
- ✓ Solo se diagnosticará la calidad de la energía aguas abajo del transformador conexo con las áreas objeto de estudio.
- ✓ No se estimara el tiempo de retorno a la inversión de las soluciones recomendadas.
- ✓ Las mediciones de calidad de la energía están sujetas a los parámetros que arroja el instrumento de medición de acuerdo al presupuesto (únicamente armónicos, variación de voltaje, variación de frecuencia)

8. DISEÑO METODOLÓGICO

El presente proyecto tiene la particularidad de ser de ámbito investigativo y de diagnóstico, teniendo como objeto de estudio las cargas de iluminación y equipos de aire acondicionado del Instituto tecnológico de Soledad Atlántico, ITSA buscando diagnosticar, sobre la base de los hallazgos encontrados, opciones de mejora que le permitan al instituto mejorar el uso de la energía.

Metodológicamente el estudio y diagnóstico del presente proyecto se lleva a cabo en el siguiente orden:

8.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN – INSPECCIÓN TÉCNICA E INVENTARIO ENERGÉTICO

Se obtienen los datos necesarios para la realización del estudio; como son, planos de las edificaciones, características de funcionamiento de los principales equipos consumidores de energía y características habitacionales y funcionales de cada uno de los bloques.

Se establecen mecanismos de recolección de datos para identificar la situación energética actual de la Institución mediante la inspección en sitio de las instalaciones, toma de medidas y recopilación de la información energética.

Se analizan las características constructivas de los edificios: orientación de las fachadas, características de ventanales y superficies de vidrio, estado de las instalaciones eléctricas, acondicionamiento de aire, ventilación, etc., así como las actividades que se realizan en éstos; niveles de ocupación, horarios de

funcionamiento, hábitos de uso y programas de mantenimiento de las instalaciones.

8.1.19. Encuesta de identificación y descripción de la institución (establecimiento, instalaciones, entorno y antecedentes).

Por medio de esta encuesta se identifican las actividades que realiza la Institución.

8.1.20. Encuesta para el diagnóstico ambiental asociado al consumo energético.

Con esta encuesta se determina el estado actual de la Institución respecto a la implementación de sistemas de gestión ambiental, así como el estado en que se encuentran los equipos asociados al consumo energético y cantidades de emisiones asociadas al mismo que se deben tener en cuenta al momento de realizar el diagnóstico energético.

8.1.21. Encuesta sobre el uso racional de los recursos energéticos de la institución.

A través de esta encuesta se pretende identificar el estado actual de la Institución respecto a la administración y uso de la energía.

Los resultados de las encuestas son evaluados con el software “Calificador de Niveles de Gestión energética” sobre el uso racional de energía que facilita el portal del proyecto UPME-COLCIENCIAS sobre el uso racional de la energía (Ver anexo 2).

8.2. CENSO DE CARGA Y MEDICIONES

Por medio del censo de las instalaciones existentes, tanto de acondicionamiento de aire como de iluminación, se evaluará la demanda energética de las mismas.

Se realizará recopilación de datos de la situación actual de confort térmico en los bloques CRD, Biblioteca/Admisiones y bloque de Aulas, realizando mediciones de las distintas estancias, previa zonificación de las mismas de acuerdo a las necesidades de iluminación y acondicionamiento de aire. Con estos datos se realizará un estudio de la situación actual de cada bloque para así plantear las posibles mejoras en gestión energética.

Se realizarán las mediciones de los parámetros necesarios para evaluar el funcionamiento de los acondicionadores de aire y luminarias; análisis de fotometrías, mediciones de temperatura, higrometrías y parámetros de calidad de la energía útiles para dar un diagnóstico energético de las instalaciones de la Institución.

Durante la inspección en sitio de las instalaciones de los diferentes edificios a evaluar, se determinará además el grado de cumplimiento de la normativa vigente en términos de eficiencia, seguridad y confort.

8.3. ANALISIS DE LA SITUACIÓN ENERGETICA ACTUAL

Con los datos obtenidos de las mediciones y el censo de carga, se analizan los consumos energéticos en iluminación y acondicionamiento de aire, con el objetivo de identificar aquellos consumos que excedan los valores establecidos según

norma para el tipo de edificación, espacio y de instalación. Esto permitirá identificar los puntos susceptibles de ahorro.

8.4. METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

8.4.19. Medición de iluminancias.

Se toman lecturas en diferentes puntos del área a estudiar y se calcula la iluminancia promedio (E_{prom}) con el objetivo de determinar:

- ✓ Si hay acuerdo con los requerimientos del RETILAP.
- ✓ Si hay necesidad de reemplazo de las luminarias existentes.
- ✓ Para comparar con el diseño recomendado desde el punto de vista de calidad, economía y cumplimiento con la normativa vigente (RETILAP).

8.4.20. Evaluación del área de la medición.

Se realiza una descripción detallada del área de la medición, junto con otros factores que pueden afectar los resultados, tales como:

- ✓ Tipo de bombilla y tiempo de uso
- ✓ Tipo de luminaria y balasto
- ✓ Tensión de alimentación
- ✓ Color de pisos, paredes y techo
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Instrumento usado en la medición

Los datos obtenidos de la evaluación se registran en los siguientes formatos (ver anexo 3):

- ✓ Inspección general del área o puesto de trabajo.
- ✓ Medición de la iluminancia promedio general y sobre puestos de trabajo.
- ✓ Especificaciones del sistema de alumbrado.

8.4.21. Resultados de las mediciones.

Se elabora un reporte que contenga la información obtenida en el reconocimiento de área objeto de estudio, los documentos que lo complementen, los datos obtenidos durante el estudio, además de la siguiente información:

- ✓ Informe descriptivo de las condiciones normales de operación, en las cuales se realizó la evaluación, incluyendo las descripciones del proceso, instalaciones, puestos de trabajo y número personas expuestas por área y puesto de trabajo.
- ✓ Plano de distribución del área evaluada, en el que se indica la ubicación y puntos de medición.
- ✓ Resultados de la medición de los niveles de iluminación.
- ✓ Comparación e interpretación de los resultados obtenidos, contra lo establecido en las tablas de la Sección 440 del Capítulo 4 del RETILAP.
- ✓ Hora en que se efectuaron las mediciones.
- ✓ Programa de mantenimiento
- ✓ Copia del documento que avaló la calibración o verificación del luxómetro, expedido por un laboratorio acreditado y aprobado conforme a los criterios Nacionales o Internacionales sobre Metrología y Normalización.
- ✓ Conclusión técnica del estudio.
- ✓ Las medidas de control a desarrollar y el programa de implementación.

Finalmente, de acuerdo con los característica del sistema de iluminación de las área de estudio, se analizan las medidas de ahorro potencialmente aplicables, se

evalúa la viabilidad técnico – económica y el impacto medio ambiental asociado a su implementación.

8.5. METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Se evalúa la eficiencia del sistema de acondicionamiento de aire actualmente instalado en cada uno de los edificios objeto de estudio, así como el cumplimiento con los requerimientos de confort establecidos por el ASHRAE.

La metodología aplicada al estudio del sistema de acondicionamiento de aire incluye las actividades específicas relacionadas a continuación:

- ✓ Medición de humedad relativa y temperatura de bulbo seco en las fechas estimadas dentro del cronograma de actividades.
- ✓ Inventario de la instalación; equipos existentes y características técnicas y de operación.

Tabla 16. Ejemplo formato de recopilación de datos para el estudio en el aula 101 del bloque de aulas del ITSA.

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS PARA ESTUDIO DE EFICIENCIA EN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE										
Nombre del edificio: Bloque de Aulas										
Agente: Emerso Andreis Rojas Feris										
				Horas de uso						
Area	Unidades	Potencia unidad de refrigeración (W)	Tecnología	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
Aula 101	1	3600	Mini Split SEER 10	15	15	15	15	15	11	0

Potencia equipos				Dimensiones			Medición			
Capacidad de personas	Potencia Lamparas (W)	Potencia Televisores (W)	Potencia Computadores y Otros (W)	Largo	Ancho	Alto	Hora	Temperatura Exterior	Humedad Relativa Exterior	Numero de personas en el aula
42	200	110	90	7,15	5,85	3,50	10:30	28,00	79,00	36

HR1	HR2	HR3	HR4	HR5	HR6	HR7	HR8
50,10	52,80	50,00	50,00	49,20	49,10	49,70	48,70
T °C	T ₂ °C	T ₃ °C	T ₄ °C	T ₅ °C	T ₆ °C	T ₇ °C	T ₈ °C
24,30	23,40	24,30	25,20	24,30	24,80	24,30	23,70

Inicialmente se pretende evaluar las condiciones de la instalación existente, con el objeto de estimar el gasto energético para alcanzar las condiciones de confort que son en última instancia el factor de carga total de la instalación.

Posteriormente, se compilarán todos los datos de los formatos diligenciados de acuerdo con la tabla 16, en un aplicativo de Microsoft Excel que permitirá conocer cuál área cumple o no con las condiciones de confort de la figura 12, se calculara el consumo de energía eléctrica por horas semanales en cada área según la unidad instalada y luego se procederá a estimar el ahorro semanal por unidad redimensionada de acuerdo con los hallazgos de las compilaciones según las condiciones de confort en cada área.

Por último se ilustraran los resultados mediante diagramas de Pareto para las áreas de los diferentes bloques del ITSA que necesitan optimizar consumos, comparándolos con el consumo proyectado a una unidad redimensionada según las condiciones de confort de la ASHRAE enunciadas en el numeral 4.2.3. De esta manera el lector podrá conocer el ahorro energético proyectado y tener una visión más detallada de la eficiencia de las unidades instaladas y el uso de las mismas.

8.6. METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO CALIDAD DE LA ENERGÍA.

Se instalará un analizador de calidad de la energía en la red de alimentación interna del Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico (ITSA), con el objetivo de diagnosticar el estado de la red aguas debajo del transformador asociado a las distintas área a evaluar; determinar si hay desbalance entre fases, bajo factor de potencia, hacer un análisis de los perfiles de tensión, identificar contaminación de armónicos y eventos de estado estable y transitorio.

8.6.19. Inspección de la subestación eléctrica.

Previamente a ser instalado el analizador de red se le hace inspección al transformador que alimenta las cargas en estudio, con el fin de identificar características tales como.

- ✓ Nivel de tensión del transformador
- ✓ Potencia del transformador
- ✓ Numero de fases
- ✓ Calibre de los conductores de fase
- ✓ Ubicación de la celda del transformador

Se procede a instalar el transformador después de gestionar los permisos necesarios de seguridad para que el ingeniero encargado instale el equipo de medición en el lado de baja del transformador. El analizador se instala y se deja realizando la respectiva medición durante un periodo de 10 horas, tiempo en el que recopilara datos que nos permitirán realizar el diagnóstico de calidad de potencia, identificando los problemas en la red, para de este modo presentar opciones de mejora.

9. CÁLCULOS

9.1. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE ILUMINACIÓN

9.1.19. Cálculo de iluminancias del sistema de iluminación actual.

El cálculo de las iluminancias, está basado en las recomendaciones del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), para la medición de iluminancia promedio, en áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente (ver figura 2) y lo que se recomienda en el mismo reglamento para áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila. Ver figura 3. Para ver cálculo de iluminancias, remítase al anexo 9.

Tabla 17. Resultados de cálculos de iluminancias del sistema de iluminación actual

NIVELES DE ILUMINANCIA MEDIA EN SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL			
	Area	Eprom	Cumple / No Cumple
BLOQUE DE AULAS	Aula 101	545,3	C
	Aula 102	158,1	NC
	Aula 103	234,6	NC
	Aula 104	120,6	NC
	Aula 105	113,5	NC
	Aula 106	205,0	NC
	Aula 107	265,8	NC
	Aula 108	264,2	NC
	Aula 109	163,7	NC
	Aula 110	SIN	
	Baño Mujeres	208,8	C
	Baño Hombres	261,9	C
	Pasillo N1	210,2	C
	Aula 201	446,2	C
	Aula 202	305,4	C**
	Aula 203	456,9	C
	Aula 204	353,3	C**
	Aula 205	601,5	C
	Aula 206	408,8	C
	Aula 207	332,6	C**
	Aula 208	488,6	C
	Aula 209	376,5	C
BIBLIOTECA/ADMISIONES	Aula 210	403,1	C
	Pasillo N2	345,0	C
	Sala estudio	462,8	C
	WC Mujeres Biblio.	134,3	C
	WC Hombres Biblio	162,3	C
	Fondo bibliográfico	169,1	NC
	Circulación y préstamo	268,8	NC
	Oficina administrador	376,0	C
	Sala lectura	312,2	C**
	Cafeteria biblioteca	40,5	NC
	Jefe admisiones	288,5	NC
	WC H-Admisiones	33,0	NC
	WC M-Admisiones	23,3	NC
	Recepcion admisiones	282,8	NC
	Oficinas abiertas adm	140,6	NC

** Se encuentran cerca del mínimo nivel de iluminancia exigido por RETILAP.

Nota: El edificio CRD (que también es objeto de estudio en el presente trabajo), no fue tenido en cuenta para el cálculo de dichas iluminancias, puesto que actualmente se encuentra en proceso de desmantelamiento para una posterior remodelación. Por tanto, para el caso se hizo una propuesta de diseño basado en los planos arquitectónicos aprobados para construcción, suministrados por las directivas de la Institución.

De acuerdo a los valores de iluminancia media (E_{prom}) calculados en la tabla 17, se llega a las siguientes conclusiones:

- El 45% de las aulas de clase del Boque de Aulas, no cumplen con los requerimientos mínimos de iluminancia exigidos por RETILAP.
- El 20% se encuentran cerca del mínimo de iluminancia exigido, lo que revela la necesidad de mantenimiento o reemplazo, según sea el caso, ya que hay luminarias con alto grado de deterioro.
- El pasillo del segundo nivel del Bloque de Aulas, está sobredimensionado. Actualmente se encuentra por encima del nivel máximo exigido por RETILAP.
- Las oficinas de las áreas de Biblioteca y Admisiones, No cumplen con los niveles de iluminancia exigidos por RETILAP.
- El fondo bibliográfico de la Biblioteca, tiene muy bajos niveles de iluminancia, teniendo en cuenta que la tarea que allí se realiza requiere de agudeza visual.

9.1.20. Censo de luminarias y cálculos de carga

$$P_T (kW) = (P_L + P_B) \times \# \text{ luminarias } [W]$$

P_T : Potencia total Instalada

P_L : Potencia de la luminaria

P_B : Perdidas en el balasto

Para efectos de cálculo, se consideraron las siguientes pérdidas en los balastos
(Datos tomados de la tabla 7):

F40T12: 16W

F32T8: 6W

- *Potencia total Instalada en Bloque de aulas: 10,84 kW*
- *Potencia total Instalada en Biblioteca: 4,6 kW*
- *Potencia total Instalada en Admisiones: 1,39 kW*

Tabla 18. Inventario de luminarias.

INVENTARIO LUMINARIAS					
Decripción del área			Cantidad de luminarias		
			2x40W	2x32W	1x22W
BLOQUE DE AULAS	Primero Nivel	Aula 101	0	10	0
		Aula 102	4	0	0
		Aula 103	4	0	0
		Aula 104	3	1	0
		Aula 105	1	3	0
		Aula 106	2	2	0
		Aula 107	4	0	0
		Aula 108	3	1	0
		Aula 109	4	0	0
		Aula 110	8	0	0
	Segundo Nivel	Pasillo N1	9	0	0
		Baño mujeres	2	0	0
		Baño hombres	2	0	0
		Aula 201	0	6	0
		Aula 202	0	8	0
		Aula 203	0	8	0
		Aula 204	0	6	0
		Aula 205	0	6	0
		Aula 206	0	6	0
		Aula 207	0	6	0
		Aula 208	0	8	0
		Aula 209	0	8	0
		Aula 210	0	8	0
		Pasillo Nivel 2	0	6	2
		Total			46
BIBLIOTECA	Sala estudio	25	0	0	
	Circulación y préstamo	12	0	0	
	Baño mujeres	1	0	0	
	Baño hombres	1	0	0	
	Cafetería	1	0	0	
	Fondo bibliográfico	4	0	0	
	Oficina Administrador	2	0	0	
	Sala lectura	2	0	0	
Total			48	0	0
ADMISIONES	Jefe Admisiones	3	0	0	
	WC Hombres	0	0	1	
	WC Mujeres	0	0	1	
	Oficinas abiertas admision	3	0	0	
	Sala de espera	8	0	0	
Total			14	0	2

TOTAL LUMINARIAS 2x40: 108
TOTAL LUMINARIAS 2x32: 93
TOTAL BOMBILLA AHORRADORAS: 4

Consumo total en áreas evaluadas: **16.86 kW**

9.1.21. Cálculo del número de luminarias.

Ejemplo de cálculo para un aula típica del bloque de aulas que mide 6.65m de largo, 4.35m de ancho y 3.5m de alto. Las reflectancias son: techo 76%, paredes 70%, piso 20% (valores de reflectancia extraídos de la tabla 430.2.2b del RETILAP). Se calculará el número de luminarias si se desea un nivel de iluminancia de 500 luxes (iluminancia media exigida por RETILAP para Aulas de Clase).

Cálculo del índice de las cavidades zonales:

$$ICT = 5 hc (l + a) / l \times a = 0$$

$$ICC = 5 hm (l + a) / l \times a = 5.2$$

$$ICP = 5 hf (l + a) / l \times a = 1.4$$

Determinar reflectancias efectivas: Las reflectancias de cavidad efectivas (ρ) deben ser determinadas para las cavidades de techo y piso. Estas se localizan en la tabla 3 bajo la combinación aplicable de rango de cavidad y la reflectancia actual de techo, paredes y piso. Como la luminaria es para montaje empotrado, entonces ICT es cero, y la reflectancia actual equivale a la reflectancia efectiva.

$$\rho_{cc} = 79\%$$

$$\rho_w = 70\%$$

$$\rho_{fc} = 60\%$$

Cálculo del Coeficiente de Utilización (CU): Al conocer el índice de cavidad del cuarto ICC (también llamado Rango de Cavidad del Cuarto, RCR), que para el caso es 5.2, para la luminaria L2x32 RS que es la elegida para el diseño, y las

reflectancias efectivas, es posible encontrar el CU de la tabla 19. Por la interpolación entre los números de los cuadros, se obtiene un CU de **0.65**.

Tabla 19. CU para la luminaria L2x32.

L 2 32									
Report LTL 5180									
S/MH 1.5									
Coefficient of Utilization									
Ceiling	80%			70%			50%		
Wall	70%	50%	30%	70%	50%	30%	50%	30%	10%
1	96	92	88	94	90	87	86	83	81
2	87	80	74	85	78	72	75	70	66
3	79	70	63	77	68	62	66	60	55
4	72	61	54	70	60	53	58	52	46
5	66	54	45	64	53	45	51	44	39
10	43	31	23	42	30	23	29	23	18

Fuente: Ficha técnica de la luminaria L2x32 de Holopane.

Cálculo de cantidad de luminarias: Ahora es posible calcular la cantidad de luminarias despejándola de la fórmula:

$$E_{\text{prom}} = (N \times n \times \Phi L \times CU \times FM) / l \times a$$

Entonces:

$$N = (l \times a \times E_{\text{prom}}) / n \times \Phi L \times CU \times FM)$$

$$N = 4.85 \text{ luminarias}$$

Es decir, 5 luminarias pero, como se deben conservar los criterios de uniformidad se colocan 6.

9.1.22. Resultados de cálculo.

Para los cálculo de iluminación, se utilizó una herramienta de diseño llamada Visual – Professional Edition Versión 2.2 de una reconocida empresa

Norteamericana que se dedica a la fabricación y comercialización de luminarias de alumbrado de interiores y exteriores. Esta herramienta, se base en el criterio del índice de las cavidades zonales explicado en el marco teórico, sección 4.1.4. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos para los diseños de iluminación del Bloque CRD, Bloque de Aulas y Biblioteca/Admisiones.

Las tablas "*Características de luminarias*", se muestra un resumen del tipo de luminaria utilizada para el diseño en cada recinto de las diferentes áreas evaluadas. Relaciona la cantidad de luminarias utilizadas, la referencia según catálogo del fabricante, una breve descripción de la luminaria y de la lámpara, los lúmenes emitidos por lámpara, el factor de mantenimiento o factor de pérdidas de la luminaria (LLF) y la potencia consumida por la misma.

En las tablas "*Estadísticas de cálculo*", se muestran los resultados de cálculo obtenidos; son los parámetros que deberán tenerse en cuenta para evaluar el grado de cumplimiento con la norma (RETILAP). La columna Avg (Average), indica el nivel de iluminancia medio sobre la superficie de trabajo (ver niveles de iluminancia requeridos por RETILAP, Tabla 2.) y las columnas subsiguientes indican los puntos máximos y mínimos de iluminancia.

La columna Avg/Mín representa la uniformidad del sistema, que para iluminación de interiores debe ser superior a 0,5 (2:1) excepto en áreas donde la uniformidad queda relegada a un segundo plano frente a criterios de iluminación y eficiencia energética (VEEI).

Por último tenemos el Índice de Deslumbramiento, por sus siglas en inglés Unified Grade (UG), mide la calidad de la instalación en cuanto al grado de control de la luminancia. (Ver límites tolerables para cada tipo de actividad en la tabla 6).

9.1.23. Características de la luminaria y estadísticas de cálculo del Bloque CRD

✓ Primer nivel

Tabla 20. Características de luminarias primer nivel CRD.










LUMINAIRE SCHEDULE										
Description	Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	File	Lumens	LLF	Watts
WC Mujeres		LM-1	6	LP6F 1/26TRT MVOLT 6L4	6" LENSED DOWNLIGHT WITH WHITE SPLAY, FRESNEL GLASS LENS.	ONE 26-WATT TRIPLE TUBE COMPACT FLUORESCENT, VERTICAL BASE-UP POSITION.	LP6F_1_26TRT _MVOLT_6L4.i es	1800	0,80	29
Almacen ME		LM-1	4	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Cuarto eléctrico		A	1	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Deposito herramientas		LM-1	2	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Laboratorio instalaciones eléctricas		LM-1	6	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Laboratorio maquinas eléctricas		LM-1	16	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
WC Hombres		LM-1	4	LP6F 1/26TRT MVOLT 6L4	6" LENSED DOWNLIGHT WITH WHITE SPLAY, FRESNEL GLASS LENS.	ONE 26-WATT TRIPLE TUBE COMPACT FLUORESCENT, VERTICAL BASE-UP POSITION.	LP6F_1_26TRT _MVOLT_6L4.i es	1800	0,80	29
Pasillos		A	4	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Escaleras		LM-1	1	L 2 32 TUBI	4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64

Tabla 21. Estadística de cálculos de diseño primer nivel CRD

STATISTICS						
Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min	UG
WC Mujeres	255,0 lux	311,9 lux	200,5 lux	1,6:1	1,3:1	1,3
Almacen ME	225,0 lux	441,1 lux	132,7 lux	3,3:1	1,7:1	2,8
Cuarto electrico	197,0 lux	291,5 lux	15,6 lux	18,7:1	12,6:1	6,3
Deposito herramientas	245,8 lux	430,5 lux	170,4 lux	2,5:1	1,4:1	2,3
Lab. instalaciones elec.	608,8 lux	737,7 lux	489,7 lux	1,5:1	1,2:1	1,1
Lab. maquinas elec.	693,0 lux	814,3 lux	590,8 lux	1,4:1	1,2:1	1,2
WC Hombres	220,0 lux	271,4 lux	173,7 lux	1,6:1	1,3:1	1,3
Pasillo	180.9 lux	273.5 lux	40.2 lux	6.8:1	4.5:1	5.5
Escaleras	217,8 lux	306,3 lux	163,1 lux	1,9:1	1,3:1	1,4

✓ Segundo nivel

Tabla 22. Características de luminarias segundo nivel CRD.














LUMINAIRE SCHEDULE										
	Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	File	Lumens	LLF	Watts
Articulacion y bienestar		A	11	2PM 3N 2U316 9LD TUBI	PARAMAX PARABOLIC TROFFER 3" LVR FAMILY 2X2 2 LAMP T8U 6" 9 CELL SEMI-SPEC LVR ELECT	2600 LM LAMP	L6243.IES	2600	1,00	60
		A	2	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Baños		B	5	LP6F/602 (13DTT)	6" OPEN DOWNLIGHT WITH A WHITE REFLECTOR.	ONE 13-WATT DOUBLE TWIN TUBE COMPACT FLUORESCENT, VERTICAL BASE-UP POS.	94061704.IES	1000	0,81	20
		A	4	2PM 3N 2U316 9LD TUBI	PARAMAX PARABOLIC TROFFER 3" LVR FAMILY 2X2 2 LAMP T8U 6" 9 CELL SEMI-SPEC LVR ELECT	2600 LM LAMP	L6243.IES	2600	0,79	60
Coordiadores		B	6	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
CPI		LM-1	4	2PM 3N 2U316 9LD TUBI	PARAMAX PARABOLIC TROFFER 3" LVR FAMILY 2X2 2 LAMP T8U 6" 9 CELL SEMI-SPEC LVR ELECT	2600 LM LAMP	L6243.IES	2600	0,79	68
Enfermeria		LM-1	2	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Pasillo		A	3	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Sala de computo		LM-1	6	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Sala de investigación		LM-1	6	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Sala de juntas		LM-1	2	2PM 3N 2U316 9LD TUBI	PARAMAX PARABOLIC TROFFER 3" LVR FAMILY 2X2 2 LAMP T8U 6" 9 CELL SEMI-SPEC LVR ELECT	2600 LM LAMP	L6243.IES	2600	0,79	68
Sala de profesores		A	12	2PM 3N 2U316 9LD TUBI	PARAMAX PARABOLIC TROFFER 3" LVR FAMILY 2X2 2 LAMP T8U 6" 9 CELL SEMI-SPEC LVR ELECT	2600 LM LAMP	L6243.IES	2600	0,79	60
Escaleras		LM-1	1	L 2 32 TUBI	4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64

Tabla 23. Estadística de cálculos de diseño segundo nivel CRD

STATISTICS						
Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min	UG
Articulacion y bienestar	383,8 lux	697,0 lux	130,0 lux	5,4:1	3,0:1	3,5
Baños	285,4 lux	454,9 lux	81,8 lux	5,6:1	3,5:1	3,5
Coordinadores	501,4 lux	747,3 lux	175,9 lux	4,2:1	2,9:1	2,4
CPI	530,1 lux	731,0 lux	418,5 lux	1,7:1	1,3:1	1,4
Enfermeria	592,8 lux	771,4 lux	484,8 lux	1,6:1	1,2:1	1,3
Pasillo	128,8 lux	199,1 lux	29,9 lux	6,7:1	4,3:1	2,3
Sala de computo	608,6 lux	687,3 lux	522,8 lux	1,3:1	1,2:1	1,2
Sala de investigacion	627,0 lux	680,0 lux	583,6 lux	1,2:1	1,1:1	1,1
Sala de juntas	522,5 lux	703,0 lux	423,5 lux	1,7:1	1,2:1	1,4
Sala de profesores	333,4 lux	478,7 lux	182,4 lux	2,6:1	1,8:1	2,4
Escaleras	217,8 lux	306,3 lux	163,1 lux	1,9:1	1,3:1	1,4

✓ Tercer nivel

Tabla 24. Características de luminarias tercer nivel CRD.

	LUMINAIRE SCHEDULE									
	Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	File	Lumens	LLF	Watts
Almacen laboratorio		LM-1	3	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LMLAMP	L5180.IES	2900	0,79	62
Depósito		LM-1	1	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LMLAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Controles y accionamientos		LM-1	12	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LMLAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Pasillo		A	4	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LMLAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Hidraulica y neumatica		LM-1	14	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LMLAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Electronica aplicada		LM-1	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LMLAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
PLC		LM-1	12	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LMLAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Escaleras		LM-1	1	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LMLAMP	L5180.IES	2900	0,79	64

Tabla 25. Estadística de cálculos de diseño tercer nivel CRD.

STATISTICS						
Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min	UG
Almacen laboratorio	252,1 lux	512,1 lux	166,8 lux	3,1:1	1,5:1	2,8
Depósito	303,9 lux	374,1 lux	254,3 lux	1,5:1	1,2:1	1,3
Controles y accionamientos	767.1 lux	879.6 lux	704.2 lux	1.2:1	1.1:1	1.2
Pasillo	158,5 lux	197,7 lux	88,6 lux	2,2:1	1,8:1	1,4
Hidraulica y neumatica	696.4 lux	856.9 lux	573.9 lux	1.5:1	1.2:1	1.3
Electronica aplicada	715,1 lux	838,3 lux	529,5 lux	1,6:1	1,4:1	1,4
PLC	740.1 lux	828.1 lux	669.1 lux	1.2:1	1.1:1	1.1
Escaleras	217,8 lux	306,3 lux	163,1 lux	1,9:1	1,3:1	1,4

✓ Cuarto nivel

Tabla 26. Características de luminarias cuarto nivel CRD.









LUMINAIRE SCHEDULE										
Description	Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	File	Lumens	LLF	Watts
Laboratorio telecomunicaciones		LM-1	12	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0.79	64
Laboratorio domotica		LM-1	12	L 2 32 TUBI	4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0.79	64
Laboratorio electrotecnia		LM-1	12	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0.79	64
Pasillo		A	4	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0.79	64
Depósito		LM-1	1	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0.79	64
Sala informatica 402		LM-1	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0.79	64
Sala informatica 401		LM-1	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0.79	64
Escaleras		LM-1	1	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0.79	64

Tabla 27. Estadística de cálculos de diseño cuarto nivel CRD.

STATISTICS						
Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min	UG
Laboratorio telecomunicaciones	556.2 lux	715.4 lux	440.3 lux	1.6:1	1.3:1	1.3
Laboratorio domotica	740.1 lux	828.1 lux	669.1 lux	1.2:1	1.1:1	1.1
Laboratorio electrotecnia	767.1 lux	879.6 lux	704.2 lux	1.2:1	1.1:1	1.2
Pasillo	158,5 lux	197,7 lux	88,6 lux	2,2:1	1,8:1	1,4
Depósito	303,9 lux	374,1 lux	254,3 lux	1,5:1	1,2:1	1,3
Sala informatica 402	666,0 lux	741,2 lux	620,4 lux	1,2:1	1,1:1	1,2
Sala informatica 401	676,8 lux	756,2 lux	615,3 lux	1,2:1	1,1:1	1,1
Escaleras	217,8 lux	306,3 lux	163,1 lux	1,9:1	1,3:1	1,4

✓ Quinto nivel

Tabla 28. Características de luminarias quinto nivel CRD







LUMINAIRE SCHEDULE										
Description	Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	File	Lumens	LLF	Watts
Deposito de utileria 01		LM-1	1	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Deposito de utileria 02		LM-1	1	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
Vestieres		A	2	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
		B	6	LP6F 1/18TRT MVOLT 6L4	6" LENSED DOWNLIGHT WITH WHITE SPLAY, FRESNEL GLASS LENS.	ONE 18-WATT TRIPLE TUBE COMPACT FLUORESCENT, VERTICAL BASE-UP POSITION.	LP6F_1_18TRT_MVOLT_6L4.ies	1000	0,90	20
Zona entrenamiento No.1			4	MC MVR 250	REFLECTR 250W MH	21000 LM LAMP		21000	0,80	250
Zona entrenamiento No.2			4	MC MVR 250	REFLECTR 250W MH	21000 LM LAMP		21000	0,80	250

Tabla 29. Estadística de cálculos de diseño quinto nivel CRD

STATISTICS						
Description	Avg	Max	Mn	Max/Mn	Avg/Mn	UG
Deposito de utileria 01	235,7 lux	463,0 lux	140,3 lux	3,3:1	1,7:1	1,9
Deposito de utileria 02	245,9 lux	480,1 lux	148,1 lux	3,2:1	1,7:1	1,9
Vestier damas	167,9 lux	292,8 lux	44,8 lux	6,5:1	3,7:1	2,5
Vestier caballeros	263,6 lux	391,8 lux	42,6 lux	9,2:1	6,2:1	8,2
Zona entrenamiento 01	383 lx	494 lx	278 lx	1,8:1	1,4:1	
Zona entrenamiento 02	317 lx	390 lx	270 lx	1,4:1	1,8:1	

9.1.24. Características de la luminaria y estadísticas de cálculo del Bloque de Aulas.

Tabla 30. Características de luminarias Bloque de Aulas.

LUMINAIRE SCHEDULE									
Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	File	Lumens	LLF	Watts
	101	10	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	102	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	103	6	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	104	6	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	105	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	106	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	107	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	108	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	109	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	110	10	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	201	4	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	202	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	203	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	204	6	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	205	6	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	206	6	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	207	6	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	208	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	209	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	210	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	WC HOMBRES	2	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	WC MUJERES	2	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	PASILLO N1	7	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	PASILLO N2	6	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64

Tabla 31. Estadística de cálculos de diseño Bloque de Aulas.

STATISTICS						
Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min	UG
Workplane	625,0 lux	752,6 lux	478,3 lux	1,6:1	1,3:1	1,2
Aula 102	628.7 lux	728.7 lux	487.4 lux	1.5:1	1.3:1	1.2
Aula 103	523.0 lux	593.4 lux	422.0 lux	1.4:1	1.2:1	1.2
Aula 104	523.0 lux	593.4 lux	422.0 lux	1.4:1	1.2:1	1.2
Aula 105	708.9 lux	771.8 lux	630.1 lux	1.2:1	1.1:1	1.1
Aula 106	708.9 lux	771.8 lux	630.1 lux	1.2:1	1.1:1	1.1
Aula 107	708.9 lux	771.8 lux	630.1 lux	1.2:1	1.1:1	1.1
Aula 108	708.9 lux	771.8 lux	630.1 lux	1.2:1	1.1:1	1.1
Aula 109	708.9 lux	771.8 lux	630.1 lux	1.2:1	1.1:1	1.1
Laboratorio (Aula 110)	568.6 lux	640.3 lux	503.1 lux	1.3:1	1.1:1	1.1
Aula 201	571.0 lux	640.8 lux	530.2 lux	1.2:1	1.1:1	1.2
Aula 202	729.8 lux	871.2 lux	638.7 lux	1.4:1	1.1:1	1.2
Aula 203	729.8 lux	871.2 lux	638.7 lux	1.4:1	1.1:1	1.2
Aula 204	735.4 lux	893.8 lux	637.7 lux	1.4:1	1.2:1	1.2
Aula 205	699.3 lux	826.6 lux	623.5 lux	1.3:1	1.1:1	1.2
Aula 206	606.1 lux	658.8 lux	547.6 lux	1.2:1	1.1:1	1.1
Aula 207	606.1 lux	658.8 lux	547.6 lux	1.2:1	1.1:1	1.1
Aula 208	644.7 lux	705.4 lux	567.4 lux	1.2:1	1.1:1	1.2
Aula 209	644.7 lux	705.4 lux	567.4 lux	1.2:1	1.1:1	1.2
Aula 210	644.7 lux	705.4 lux	567.4 lux	1.2:1	1.1:1	1.2
WC-Hombres	326.4 lux	374.5 lux	280.5 lux	1.3:1	1.2:1	1.1
WC-Mujeres	326.4 lux	374.5 lux	280.5 lux	1.3:1	1.2:1	1.1
Pasillo Nivel 1	105.6 lux	142.4 lux	54.6 lux	2.6:1	1.9:1	2.2
Pasillo Nivel 2	202.2 lux	328.2 lux	65.4 lux	5.0:1	3.1:1	2.3

9.1.25. Características de la luminaria y estadísticas de cálculo Biblioteca / Admisiones

Tabla 32. Características de luminarias Biblioteca/Admisiones.














LUMINAIRE SCHEDULE									
Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	File	Lumens	LLF	Watts
	WC Mujeres	1	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	Circ. & Prést.	8	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	Cocina	2	LP6F 1/32TRT MVOLT 607A	6" OPEN DOWNLIGHT WITH DIFFUSE REFLECTOR	ONE 32-WATT TRIPLE TUBE COMPACT FLUORESCENT, VERTICAL BASE UP POSITION.	LP6F_1_32TRT _MVOLT_607 A.ies	2400	0,81	36
	F.Bibliogr.	3	C 2 32 TUBI	GENERAL PURPOSE CHANNEL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5181.IES	2900	0,79	64
	Ofi.Lect.	2	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	Ofi.Adm.Bib	2	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	Sala Lect.	20	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	WC Hombres	1	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	WC Mujeres	2	LP6F 1/18TRT MVOLT 6L4	6" LENSED DOWNLIGHT WITH WHITE SPLAY, FRESNEL GLASS LENS.	ONE 18-WATT TRIPLE TUBE COMPACT FLUORESCENT, VERTICAL BASE-UP POSITION.	LP6F_1_18TRT _MVOLT_6L4.i es	1200	0,80	22
	Jefe Admis	2	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	Ofi.Ab.Admis	5	L 2 32 TUBI	STANDARD INDUSTRIAL, 4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	Sala Espera	8	L 2 32 TUBI	4' 2LP T8 ELEC	2900 LM LAMP	L5180.IES	2900	0,79	64
	WC Mujeres	2	LP6F 1/18TRT MVOLT 6L4	6" LENSED DOWNLIGHT WITH WHITE SPLAY, FRESNEL GLASS LENS.	ONE 18-WATT TRIPLE TUBE COMPACT FLUORESCENT, VERTICAL BASE-UP POSITION.	LP6F_1_18TRT _MVOLT_6L4.i es	1200	0,80	22

Tabla 33. Estadística de cálculos de diseño Biblioteca/Admisiones.

STATISTICS						
Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min	UG
WC Mujeres	194,6 lux	247,0 lux	77,0 lux	3,2:1	2,5:1	2,1
Circulacion & Préstamo	578,3 lux	713,9 lux	426,8 lux	1,7:1	1,4:1	1,4
Cocina	276,8 lux	306,7 lux	245,2 lux	1,3:1	1,1:1	1,3
Fondo bibliográfico	417,9 lux	541,7 lux	301,3 lux	1,8:1	1,4:1	1,5
Oficina Lectura	525,5 lux	664,4 lux	399,7 lux	1,7:1	1,3:1	1,5
Of. Ad. Biblioteca	724,1 lux	879,0 lux	633,0 lux	1,4:1	1,1:1	1,2
Sala lectura	693,8 lux	828,9 lux	590,9 lux	1,4:1	1,2:1	1,2
WC Hombres	159,7 lux	219,8 lux	83,7 lux	2,6:1	1,9:1	2,3
WC Mujeres	110,5 lux	122,4 lux	98,7 lux	1,2:1	1,1:1	1,1
Jefe Admisiones	657,4 lux	719,2 lux	603,7 lux	1,2:1	1,1:1	1,1
Of. Abiertas Admisiones	588,9 lux	744,7 lux	423,2 lux	1,8:1	1,4:1	1,5
Sala espera	610,7 lux	712,6 lux	449,4 lux	1,6:1	1,4:1	1,2
WC Mujeres	110,5 lux	122,4 lux	98,7 lux	1,2:1	1,1:1	1,1

9.1.26. Resumen comparativo entre el sistema de iluminación existente y el propuesto.

Entre los parámetros más importantes para evaluar un sistema de iluminación están: la iluminancia, uniformidad, calidad de la instalación (índice de deslumbramiento) y eficiencia. El anexo 10, muestra un resumen comparativo de

éstos parámetros para ambos sistemas; el existente y el propuesto. Entre las conclusiones que se pueden obtener de la comparación se distinguen:

- Migrando hacia tecnologías más eficientes, se consiguen mejores niveles de iluminación.
- El nuevo diseño cumple con los requerimientos de iluminancia exigidos por RETILAP.
- Un 45% de las instalaciones existentes del Bloque de Aulas, se encuentran por debajo del mínimo nivel de iluminancia requerido por el Reglamento, El 20% de las instalaciones existente se encuentra muy cerca de dicho nivel.
- En el área Biblioteca / Admisiones, tan solo el 28% de las instalaciones cumplen con los requerimientos de iluminancia, mientras que el 14% se encuentran cerca del mínimo requerido.
- La mayoría de las instalaciones, sobre todo las más antiguas, tienen porcentajes de uniformidad muy bajos.
- El nuevo diseño se encuentra con niveles de uniformidad superiores a los mínimos exigidos por el Reglamento.
- En términos de eficiencia, solo un bajo porcentaje de las instalaciones existentes se encuentran por debajo del límite exigido por el Reglamento (Ver tabla 13. Valores límite de eficiencia energética).

9.1.27. Análisis técnico – económico

Costo anual del consumo de energía.

- Horas al año del consumo de energía (H_{LA}).

$$H_{LA} = H_{DL} \times D_{LM} \times M_{LA} \quad [h/año]$$

H_{DL} = Horas de consumo por día laboral – académico

D_{LM} = Días de consumo por mes laboral – académico

M_{LA} = Meses de consumo por año laboral – académico

- Potencia de un sistema fluorescente lámpara-balasto (P_L)

$$P_{LUM} = (P_L \times N_L) + P_B^* \quad [W]$$

P_{LUM} = Potencia en la luminaria (W)

P_L = Potencia en una lámpara (W)

P_B = Pérdidas en el balasto (W)

N_L = Número de lámpara en la luminaria.

* $P_B = 16W$ (20%) para balastos magnéticos (2x40)

$6W$ (9%) para balastos electrónicos (2x32)

Bombillas de 22W no requieren balasto.

- Energía consumida al año por las luminarias (E_{CA})

$$E_{CA} = H_{LA} \times \text{Cant} \times P_{LUM} \quad [kWh/año]$$

Cant = Cantidad de luminarias por recinto.

- Costo de energía consumidas anualmente por las luminarias (C_{EA})

$$C_{EA} = \$kW/h \times E_{CA} \quad [$/kWh_{año}]$$

La Institución está eximida del cobro de energía puesto funciona en la antigua sede de técnica de Transelca y, desde su fundación hasta ahora, la empresa Termobarranquilla S.A. (TEBSA), beneficia a la institución eximiéndola en el pago

del servicio eléctrico, en consecuencia no recibe facturación por cobros de energía. Por tanto, el costo de la energía (\$kWh) será considerado como una variable “x” en las ecuaciones donde se requiera. Para ver la tabla de cálculos remítase al **anexo 11**.

Cálculo del costo de energía anual del sistema actual (C_{EAA})

$$C_{EAA} = \$kWh \times E_{CAA}$$

$$C_{EAA} = x \times 49657 \text{ kWh/año}$$

$$C_{EAA} = 49657x \text{ kWh/año}$$

Cálculo del costo de energía anual de la propuesta de mejora (C_{EAM})

$$C_{EAM} = \$kWh \times E_{CAM}$$

$$C_{EAM} = x \times 39167 \text{ kWh/año}$$

$$C_{EAM} = 39167x \text{ kWh/año}$$

9.1.28. Cálculo del porcentaje ahorro de la propuesta.

$$\% = [1 - (C_{EAM} / C_{EAA})] \times 100$$

$$\% = [1 - (39167 / 49657)] \times 100$$

$$\% = 21$$

El análisis anterior nos lleva a siguiente conclusión:

Con la implementación del diseño de iluminación propuesto, se mejorarían las características iluminancia, calidad de la instalación, uniformidad y eficiencia energética del sistema y se obtendría un ahorro estimado del 21% frente a la situación actual aun cuando se incrementa el número de total de luminarias.

9.1.29. Conclusiones y recomendaciones

- ✓ Cambiar las luminarias que se encuentran actualmente oxidadas. La corrosión en la pantalla de la luminaria afecta el rendimiento lumínico de la misma al absorber, en mayor grado, el flujo de la lámpara.
- ✓ Pintar las paredes de pasillos, aulas de clase, y demás áreas en general con colores claros aumentará la eficiencia lumínica. Los colores opacos absorben parte del flujo que emite la lámpara, los colores claros, tienen a reflejar éstos colores, absorbiendo en menor grado el flujo luminoso y permitiendo el máximo aprovechamiento de la luz.
- ✓ Se recomienda distribuir las luminarias uniformemente, pues se encontraron espacio donde no se cumple con éste criterio y, como consecuencia, hay espacios más iluminados que otros dentro de una misma área. Variaciones iluminancia superiores al 50%, son perceptibles por el ojo humano produciendo estrés visual debido al número de veces que debe dilatarse la pupila para adaptarse a los cambios de niveles de luz.
- ✓ Unificar criterios en cuanto a la selección de las lámparas en términos de tipo de luminaria (T8, T12), temperatura de color, e IRC. Se encontraron espacios con combinaciones entre ellos.
- ✓ Se encontraron espacio subdimensionados y sobredimensionado en términos de iluminancia.
- ✓ Se recomienda orientar las luminarias de tal forma que se disminuya el deslumbramiento. Se encontró un gran número de áreas que no cumplían éste criterio.

9.2. CÁLCULOS PARA EL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

9.2.19. Tipo de instalación.

Mini split independientes por cada aula o salón de clases. Solo para referenciar, se tendrá en cuenta la marca de los equipos instalados.

9.2.20. Características Técnicas de las unidades instaladas

Tabla 34. Características técnicas de las unidades a estudiar

Modelo	ConfortStart BAR36-1
SEER	10
Capacidad de enfriamiento (W)	10500
Capacidad de enfriamiento (BTU)	36000
Capacidad de calefacción (W)	0
Capacidad de calefacción (BTU)	0
Corriente enfriamiento (Amp)	14.7
Corriente calefacción	0
Potencia enfriamiento	3135
Potencia calefacción	0
Alimentación Eléctrica	208-230V Monofásico 30A Iz
Tipo de compresor	Reciproc (Scroll)
Refrigerante	R22
Carga de refrigerante (Kg)	3
Tubería de conexión (pulgadas); gas	3/4"
Tubería de conexión (pulgadas); líquido	3/8"
Largo	24
Ancho	24
Alto	37.8
Peso (kg/...)	39/152

9.2.21. Características de Humedad Relativa (HR) y temperatura (T) de las áreas evaluadas.

Las tablas 35 y 36 muestran un ejemplo típico de la forma en la que se recopilaban los datos de humedad relativa y temperatura en ocho (8) puntos de cada recinto.

Para ver las mediciones y datos recopilados de las áreas de biblioteca y CRD se debe consultar el anexo 13.

Para determinar el factor de carga térmica asociado a las condiciones de trabajo del sistema implementado se procedió a tomar las mediciones de humedad relativa en ocho puntos uniformemente distribuidos en cada aula o sala. Además se hicieron mediciones a la salida del equipo interno (Ventilador evaporador), y en el punto extremo mayor distante a la salida del equipo.

Tabla 35. Mediciones de humedad relativa en Bloque de Aulas.

BLOQUE DE AULAS	Dimensiones			Vol.m3	HR1	HR2	HR3	HR4	HR5	HR6	HR7	HR8	HRprom	HRExterior
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)											
Aula 101	7,15	5,85	3,50	146,40	50,10	52,80	50,00	50,00	49,20	49,10	49,70	48,70	49,95	79,00
Aula 102	7,20	5,85	3,50	147,42	47,00	48,20	47,80	46,80	46,70	46,40	46,50	46,70	47,01	79,00
Aula 103	6,60	5,85	3,50	135,14	70,00	85,40	58,10	65,40	60,10	61,20	60,30	61,20	65,21	79,00
Aula 104	6,60	5,85	3,50	135,14	73,70	66,10	72,00	71,00	57,00	72,80	68,00	68,20	68,60	79,00
Aula 105	6,30	4,35	3,50	95,92	59,60	68,00	57,10	54,00	56,20	56,00	56,00	61,30	58,53	79,00
Aula 106	6,60	4,35	3,50	100,49	53,00	51,00	55,00	57,00	60,00	49,20	51,40	52,30	53,61	79,00
Aula 107	6,65	4,35	3,50	101,25	52,80	52,80	53,10	53,00	51,80	54,40	51,50	54,10	52,94	79,00
Aula 108	6,70	4,35	3,50	102,01	49,00	48,00	50,00	49,00	50,80	50,00	52,00	54,00	50,35	79,00
Aula 109	6,60	4,35	3,50	100,49	52,30	54,60	54,10	56,20	52,20	53,20	59,40	53,60	54,45	79,00
Aula 110	12,00	5,30	3,50	222,60	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00
Aula 201	5,85	4,45	2,50	65,08	45,00	43,00	40,90	58,50	46,00	53,00	70,30	46,90	50,45	70,70
Aula 202	9,20	4,45	2,50	102,35	50,20	48,50	50,70	53,20	58,40	53,90	60,70	40,20	51,98	70,70
Aula 203	9,30	4,45	2,50	103,46	60,00	62,00	68,00	60,00	65,00	58,00	44,40	44,90	57,79	70,70
Aula 204	6,60	4,45	2,50	73,43	52,20	53,80	59,00	53,00	53,40	53,80	51,10	56,50	54,10	70,70
Aula 205	7,15	4,45	2,50	79,54	53,50	53,90	48,50	49,50	40,50	54,90	46,50	49,40	49,59	70,70
Aula 206	6,95	5,85	2,50	101,64	69,40	43,00	43,20	48,50	44,40	52,00	57,00	49,20	50,84	70,70
Aula 207	7,18	5,85	2,50	105,01	61,60	56,70	53,80	52,80	49,60	70,00	90,00	70,00	63,06	70,70
Aula 208	8,78	5,85	2,50	128,41	49,10	47,40	46,20	51,90	46,30	56,90	54,00	64,40	52,03	70,70
Aula 209	8,93	5,85	2,50	130,60	51,00	45,00	58,00	57,00	57,00	48,00	54,00	55,00	53,13	70,70
Aula 210	8,93	5,85	2,50	130,60	52,20	53,80	50,70	53,20	60,00	49,20	52,00	54,00	53,14	70,70

Tabla 36. Mediciones de temperatura en Bloque de Aulas.

BLOQUE DE AULAS	Tbs °C	Tbs2 °C	Tbs3 °C	Tbs4 °C	Tbs5 °C	Tbs6 °C	Tbs7 °C	Tbs8 °C	Tbsprom °C	Tconfort °C	T Exterior °C	Flujo de aire m/s	HRprom
Aula 101	24,30	23,40	24,30	25,20	24,30	24,80	24,30	23,70	24,29	23,00	28,00	1,00	49,95
Aula 102	22,30	22,40	22,40	23,10	23,10	20,00	23,50	23,20	22,50	23,00	28,00	1,00	47,01
Aula 103	21,60	20,30	24,70	22,80	24,20	23,60	17,10	22,40	22,09	23,00	28,00	1,00	65,21
Aula 104	22,70	24,20	23,10	23,50	26,60	22,10	14,00	19,90	22,01	23,00	28,00	1,00	68,60
Aula 105	18,50	15,80	18,30	18,10	18,90	18,30	18,60	17,80	18,04	23,00	28,00	1,00	58,53
Aula 106	23,10	17,50	24,30	22,40	21,60	22,40	19,80	18,10	21,15	23,00	28,00	1,00	53,61
Aula 107	22,10	21,80	22,50	21,60	22,30	22,60	21,40	20,00	21,79	23,00	28,00	1,00	52,94
Aula 108	16,00	17,60	18,70	17,60	16,70	16,00	16,80	17,50	17,11	23,00	28,00	1,00	50,35
Aula 109	18,30	18,10	17,80	21,00	21,10	21,00	14,70	21,00	19,13	23,00	28,00	1,00	54,45
Aula 110	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	23,00	28,00	1,00	79,00
Aula 201	21,30	21,40	19,80	16,20	20,90	20,20	21,20	18,00	19,88	23,00	28,00	1,00	50,45
Aula 202	25,30	26,10	25,50	24,00	23,60	22,60	21,20	19,60	23,49	23,00	28,00	1,00	51,98
Aula 203	21,60	23,30	21,00	24,00	21,00	21,00	26,00	26,60	23,06	23,00	28,00	1,00	57,79
Aula 204	26,70	17,70	26,70	25,50	23,20	24,60	25,70	26,60	24,59	23,00	28,00	1,00	54,10
Aula 205	22,50	16,30	23,30	24,90	25,20	25,40	26,10	25,60	23,66	23,00	28,00	1,00	49,59
Aula 206	17,80	19,70	21,40	22,90	23,30	24,70	24,80	22,70	22,16	23,00	28,00	1,00	50,84
Aula 207	24,60	25,60	25,70	25,60	22,10	22,00	19,20	23,00	23,48	23,00	28,00	1,00	63,06
Aula 208	24,40	23,90	23,90	24,60	22,00	23,30	22,60	19,20	22,99	23,00	28,00	1,00	52,03
Aula 209	23,30	21,60	24,60	26,20	17,10	23,70	23,40	18,30	22,28	23,00	28,00	1,00	53,13
Aula 210	19,90	21,40	14,70	20,20	24,00	19,80	21,80	21,60	20,43	23,00	28,00	1,00	53,14

9.2.22. Resultados obtenidos.

Para poder determinar el estado de la instalación se compararon los resultados de la humedad relativa y la temperatura promedio de cada área con la zona de confort de la figura 12, indicada con borde azul. El propósito de esta comparación es conocer si el área acondicionada cumple o no cumple con las condiciones de confort.

A partir de la figura 12 se puede determinar si el equipo está subdimensionado o sobredimensionado, es decir, si el equipo posee una capacidad de enfriamiento en BTU, menor a la que requiere el área a acondicionar o si en cambio posee una capacidad muy por encima de la que se necesita para las dimensiones geométricas del área y la carga frigorífica asociada a ella. Esto es sencillo de determinar si se han realizado las lecturas pertinentes y se tiene claridad en los conceptos de Psicrometría tratados en el presente trabajo.

Tabla 37. Resultados del estudio de refrigeración en Bloque de Aulas.

BLOQUE DE AULAS	HR PROMEDIO	HR EXTERIOR	Tbsprom	En zona de Confort
Aula 101	49,95	79,00	24,29	Cumple
Aula 102	47,01	79,00	22,50	Cumple
Aula 103	65,21	79,00	22,09	Cumple
Aula 104	68,60	79,00	22,01	Cumple
Aula 105	58,53	79,00	18,04	No cumple
Aula 106	53,61	79,00	21,15	Cumple
Aula 107	52,94	79,00	21,79	Cumple
Aula 108	50,35	79,00	17,11	No cumple
Aula 109	54,45	79,00	19,13	No Cumple
Aula 110	79,00	79,00	26,20	No Cumple
Aula 201	50,45	70,70	19,88	No cumple
Aula 202	51,98	70,70	23,49	Cumple
Aula 203	57,79	70,70	23,06	Cumple
Aula 204	54,10	70,70	24,59	Cumple
Aula 205	49,59	70,70	23,66	Cumple
Aula 206	50,84	70,70	22,16	Cumple
Aula 207	63,06	70,70	23,48	Cumple
Aula 208	52,03	70,70	22,99	Cumple
Aula 209	53,13	70,70	22,28	Cumple
Aula 210	53,14	70,70	20,43	No Cumple

Tabla 38. Resultados del estudio de refrigeración en Biblioteca.

Biblioteca	HR Prom	HR Exterior	Tbs Promedio	Zona de confort
Sala de Lectura	50,40	93,50	19,05	No Cumple
Hall y atención al usuario	70,33	93,50	23,29	No Cumple
Fondo Bibliografico	54,55	93,50	22,80	Cumple
Oficina del Director de	71,15	93,50	18,66	No Cumple
Hemeroteca	49,77	93,50	22,00	Cumple
Cocina	65,06	93,50	23,33	Cumple

Tabla 39. Resultados del estudio de refrigeración en el Bloque CRD.

CRD	HR Prom	HR Exterior	Tbs Promedio	Zona de confort
Maquinas electricas	74,375	76,9	27,69	No Cumple
Laboratorio instalaciones	78,50	76,9	27,7	No Cumple
Deposito herramientas	72,5	76,9	27,88	No Cumple
Oficinas coordiadores	72,75	76,9	27,69	No Cumple
Sala informatica 1-2	70,88	76,9	27,42	No Cumple
Sala investigación	66,38	76,9	27,19	Cumple
Sala juntas	72,50	76,9	27,56	No Cumple
Enfermeria	65,13	76,9	27,75	Cumple
Sala profesores	47,26	76,9	19,66	No Cumple
Articulacion y bienestar	52,93	76,9	21,98	Cumple
Laboratorio hidráulica/neumática	71,18	76,9	27,18	No Cumple
Laboratorio PLC	75,48	76,9	27,07	No Cumple
Laboratorio electronica aplicada	65,78	76,9	27,95	Cumple
Almacen laboratorio	73,13	76,9	27,19	No Cumple
Lab. controles y accionamientos	74,29	76,9	26,82	No Cumple
Laboratorio telecomunicaciones	73	76,9	27,39	No Cumple
Sala inormtica 4-1	72,78	76,9	27,33	No Cumple
Sala informatica 4-2	66,79	76,9	27,22	Cumple
Laboratorio electrónica	75,66	76,9	27,50	No Cumple
Laboratorio domótica	65,83	76,9	26,96	Cumple

Una vez determinadas las áreas que no cumplen con las condiciones de confort y estableciendo el motivo, es decir, si está sobredimensionada o su dimensionada la unidad de acondicionamiento, se procede a establecer los consumos mediante gráficos aplicados únicamente a las áreas mencionadas, para ello se aplica el producto de la potencia nominal del equipo por las horas semanales de uso, esto

dará como resultado un consumo en kilovatios hora semanal (kWh/semanal) tal y como se puede apreciar en la tabla 40 y en la figura 18.

Tabla 40. Consumos actuales en los espacios que no cumplen en el Bloque CRD.

CRD			
Lugar	Consumo (kWh/semanal)	%	Porcentaje Acumulado
Enfermeria	619.200	36,5698086	36,57
Sala de profesores	454.800	26,8603827	63,43
Articulacion y bienestar	619.200	36,5698086	100,00
	1.693.200	100	

Figura 18. Diagrama de Pareto de consumos actuales áreas que no cumplen condiciones de confort en el Bloque CRD.

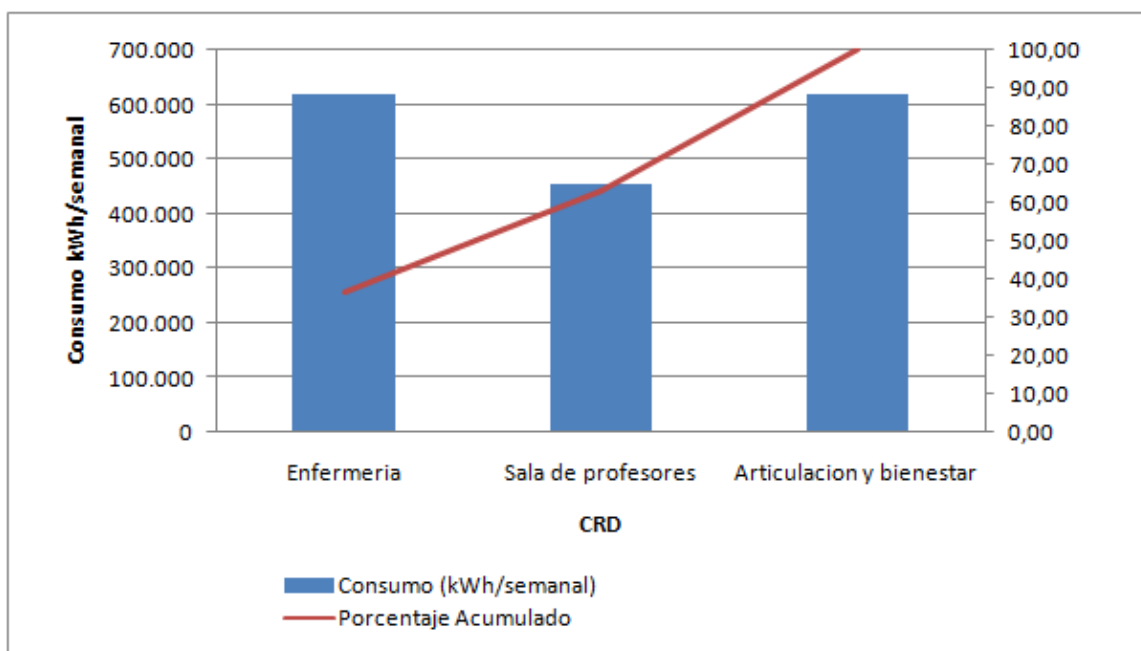


Tabla 41. Consumos proyectados en el Bloque CRD.

CRD			
Lugar	Consumo (kWh/semanal)	%	Porcentaje Acumulado
Lab. Maquinas Eléctricas	154.800	4,59770115	4,60
Sala de profesores	154.800	4,59770115	9,20
Articulación y bienestar	154.800	4,59770115	13,79
Lab. Instalaciones Electricas	154.800	4,59770115	18,39
Deposito	154.800	4,59770115	22,99
Coordinacion	154.800	4,59770115	27,59
Sala N 1	154.800	4,59770115	32,18
Investigacion	154.800	4,59770115	36,78
Sala de Juntas	154.800	4,59770115	41,38
Enfermeria	154.800	4,59770115	45,98
Sala de profesores	116.100	3,44827586	49,43
Articulación y bienestar	154.800	4,59770115	54,02
Lab. Hidraulica	154.800	4,59770115	58,62
Lab. PLC	154.800	4,59770115	63,22
Lab. Electronica	154.800	4,59770115	67,82
Almacen	154.800	4,59770115	72,41
Lab. Controles y Accionamientos	154.800	4,59770115	77,01
Lab. Domotica	154.800	4,59770115	81,61
Lab. Telecomunicaciones	154.800	4,59770115	86,21
Sala 4-1	154.800	4,59770115	90,80
Sala 4-2	154.800	4,59770115	95,40
Laboratorio de electrotecnia	154.800	4,59770115	100,00
3.366.900			

Nota: áreas marcadas en rojo no cumplen.

igura 19 Diagrama de Pareto de consumos proyectados en el Bloque CRD

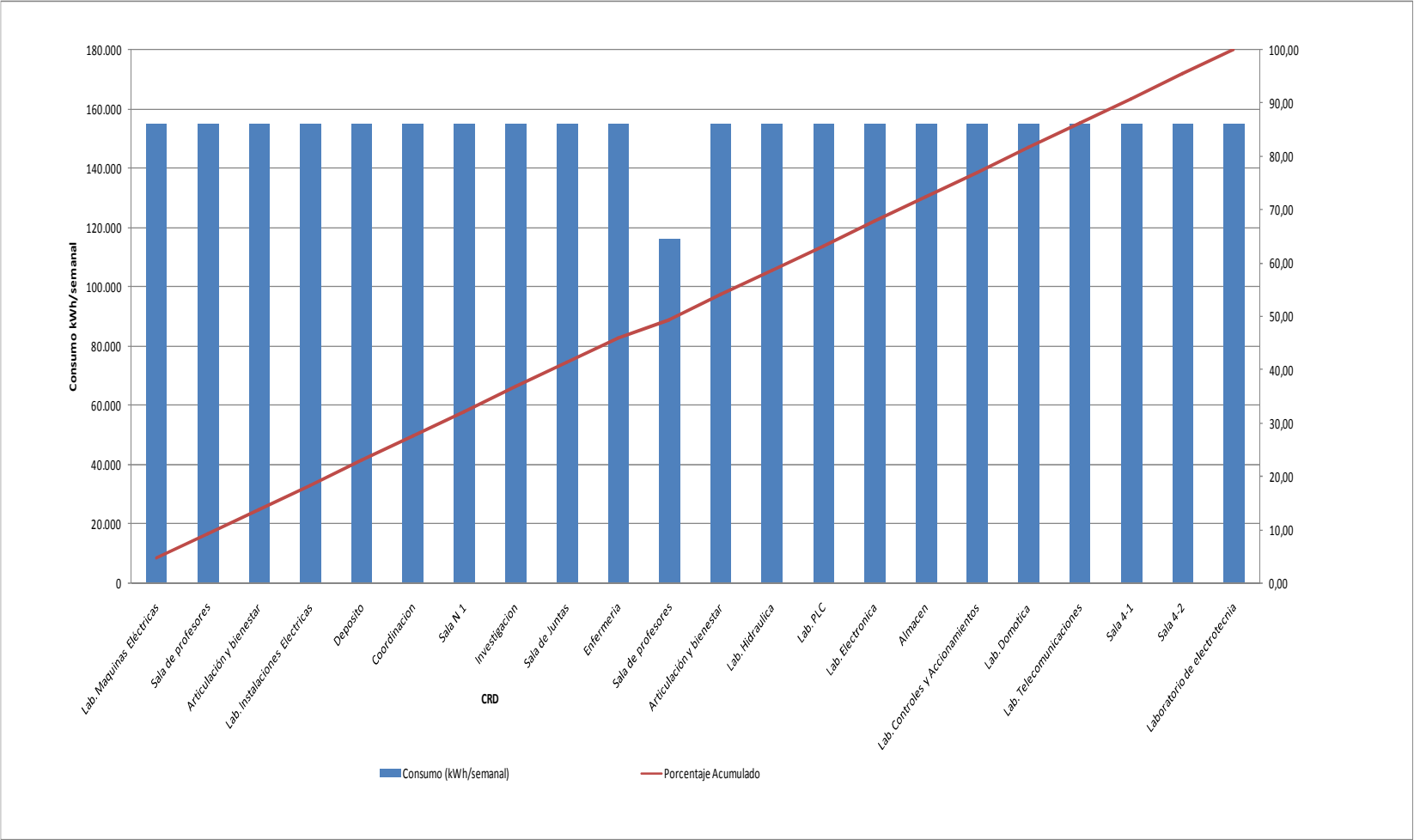


Tabla 42. Consumos actuales en espacios con Mini Split instalados en el Bloque de Aulas.

Aulas, primer y segundo Nivel			
Lugar	Consumo (kWh/semanal)	%	Porcentaje Acumulado
Aula 101	309.600	4,87804878	4,87804878
Aula 102	309.600	4,87804878	9,756097561
Aula 103	309.600	4,87804878	14,63414634
Aula 104	309.600	4,87804878	19,51219512
Aula 105	309.600	4,87804878	24,3902439
Aula 106	309.600	4,87804878	29,26829268
Aula 107	309.600	4,87804878	34,14634146
Aula 108	309.600	4,87804878	39,02439024
Aula 109	309.600	4,87804878	43,90243902
Aula 110	309.600	4,87804878	48,7804878
Aula 111	309.600	4,87804878	53,65853659
Aula 201	309.600	4,87804878	58,53658537
Aula 202	309.600	4,87804878	63,41463415
Aula 203	309.600	4,87804878	68,29268293
Aula 204	309.600	4,87804878	73,17073171
Aula 205	309.600	4,87804878	78,04878049
Aula 206	309.600	4,87804878	82,92682927
Aula 207	309.600	4,87804878	87,80487805
Aula 208	309.600	4,87804878	92,68292683
Aula 209	309.600	4,87804878	97,56097561
Aula 210	154.800	2,43902439	100
	6.346.800	100	

Nota: áreas marcadas en rojo no cumplen.

Figura 20 Diagrama de Pareto de consumos actuales área Bloque de Aulas.

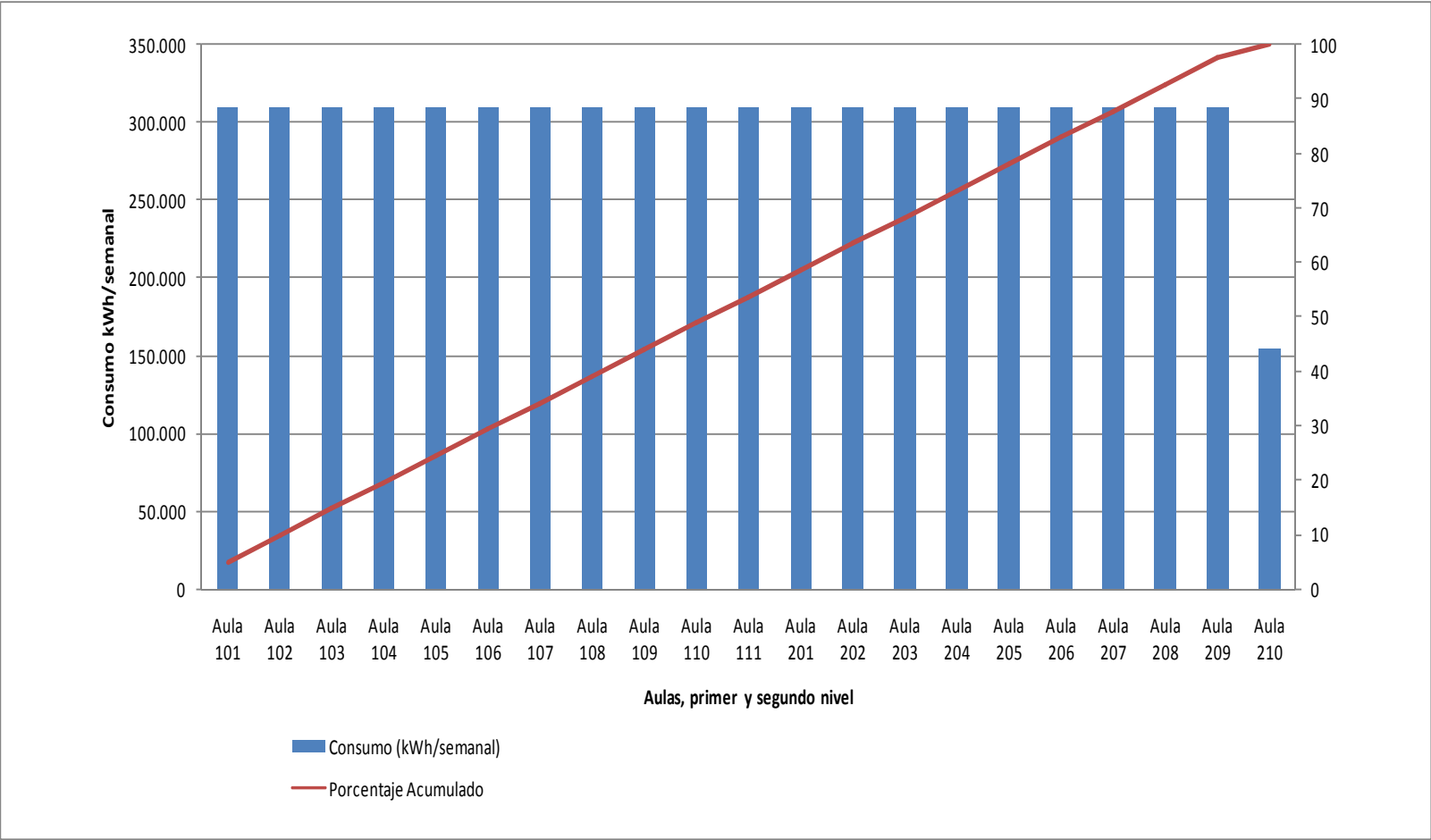


Tabla 43. Consumos proyectados en el Bloque de Aulas.

Aulas, primer y segundo Nivel			
Lugar	Consumo (kWh/semanal)	%	Porcentaje Acumulado
Aula 101	154.800	5,60747664	5,607476636
Aula 102	154.800	5,60747664	11,21495327
Aula 103	154.800	5,60747664	16,82242991
Aula 104	154.800	5,60747664	22,42990654
Aula 105	154.800	5,60747664	28,03738318
Aula 106	103.200	3,73831776	31,77570093
Aula 107	154.800	5,60747664	37,38317757
Aula 108	103.200	3,73831776	41,12149533
Aula 109	103.200	3,73831776	44,85981308
Aula 110	103.200	3,73831776	48,59813084
Aula 201	77.400	2,80373832	51,40186916
Aula 202	154.800	5,60747664	57,00934579
Aula 203	154.800	5,60747664	62,61682243
Aula 204	154.800	5,60747664	68,22429907
Aula 205	154.800	5,60747664	73,8317757
Aula 206	154.800	5,60747664	79,43925234
Aula 207	154.800	5,60747664	85,04672897
Aula 208	154.800	5,60747664	90,65420561
Aula 209	154.800	5,60747664	96,26168224
Aula 210	103.200	3,73831776	100
	2.760.600	100	

Nota: áreas marcadas en rojo no cumplen.

Figura 21. Diagrama de Pareto Consumos proyectados en el Bloque de Aulas.

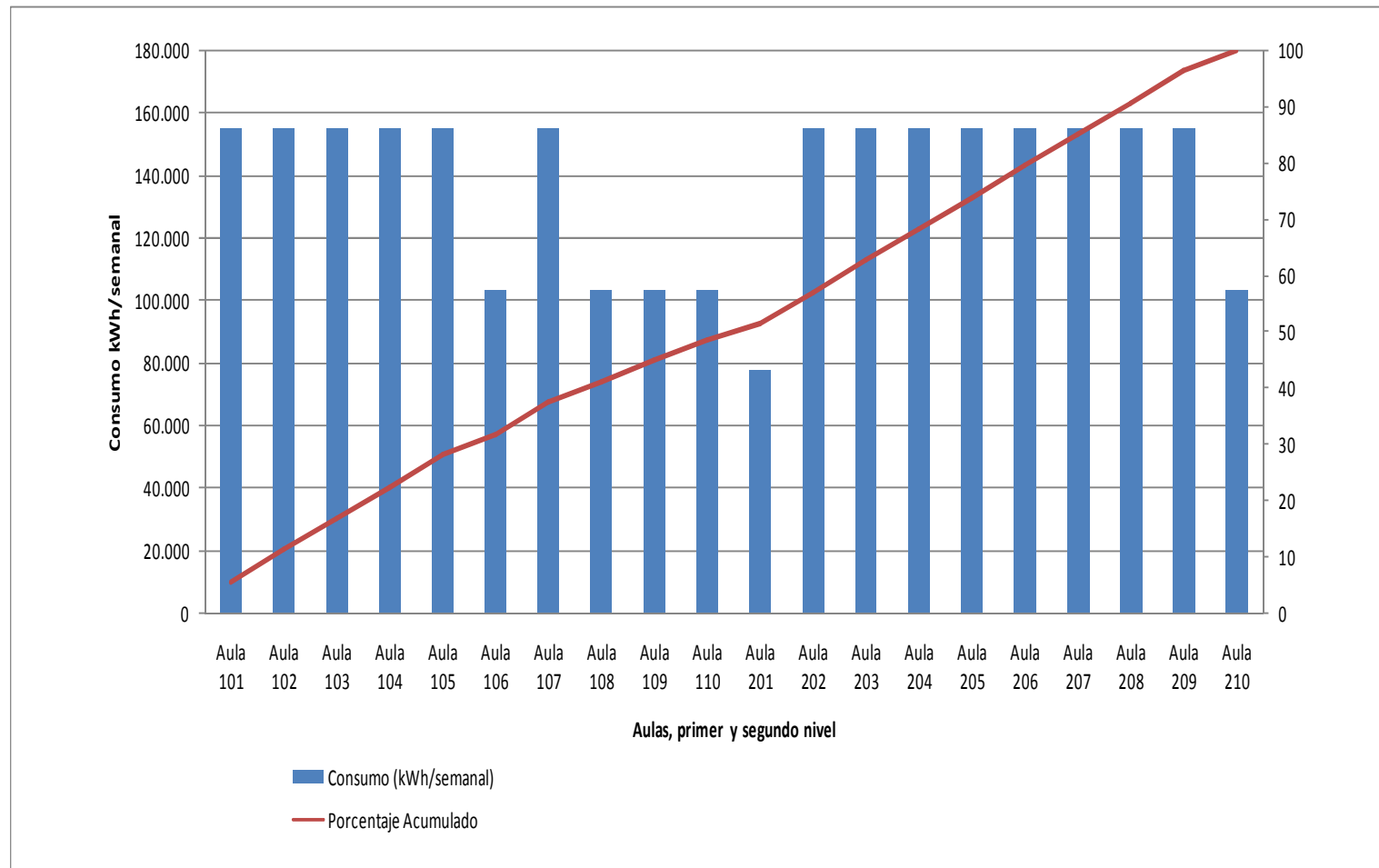


Tabla 44. Consumos actuales en espacios con Mini Split instalados en Biblioteca.

Biblioteca			
Lugar	Consumo (kWh/semanal)	%	Porcentaje Acumulado
Sala de lectura	619.200	50	50
Hall y atención al usuario	309.600	25	75
Fondo bibliográfico	154.800	12,5	87,5
Oficina director	154.800	12,5	100
	1.238.400	100	

Nota: áreas marcadas en rojo no cumplen.

Figura 22. Diagrama de Pareto de consumos actuales de Biblioteca.

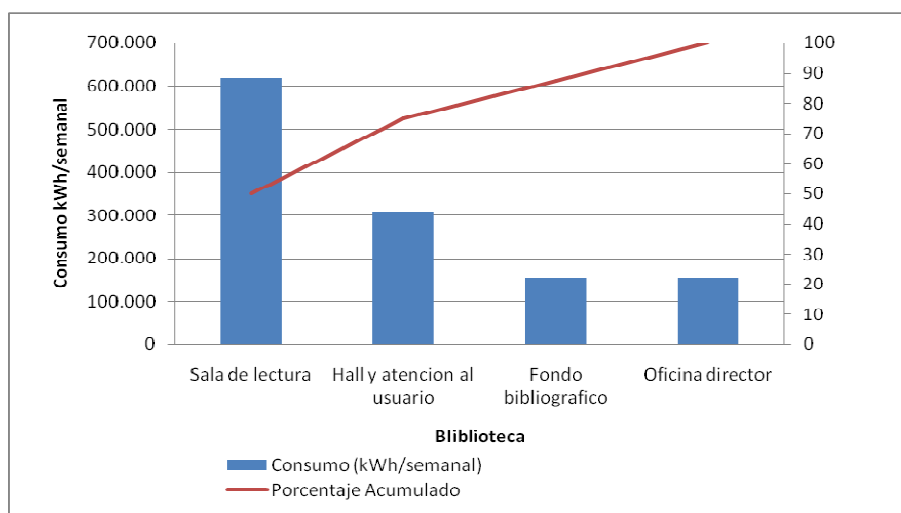
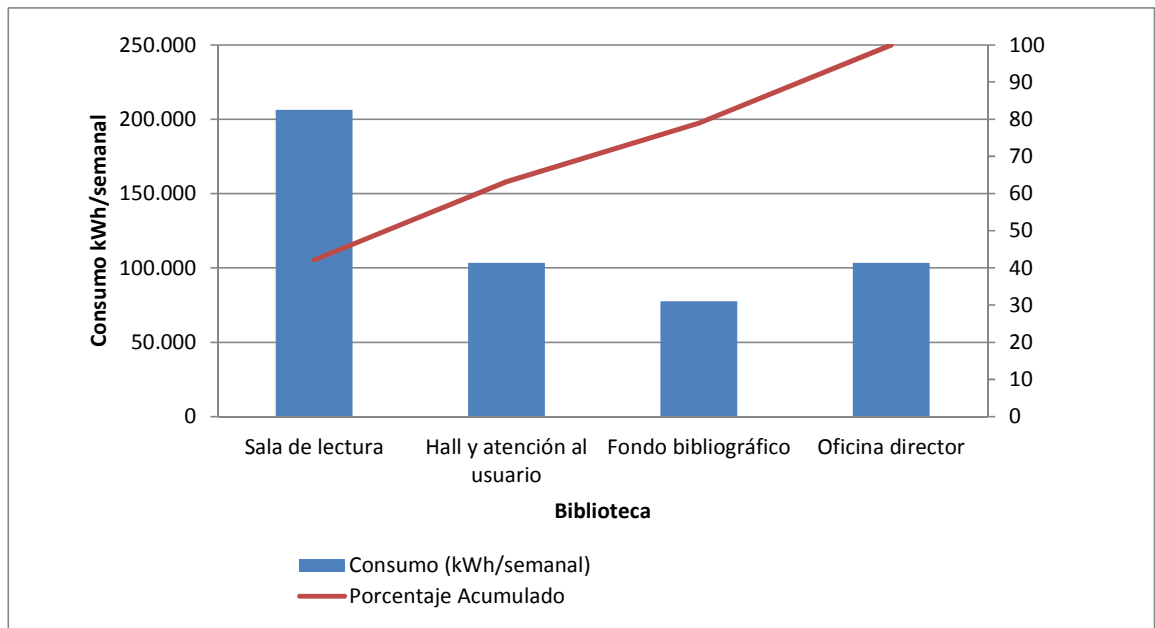


Tabla 45. Consumos proyectados en Biblioteca.

Biblioteca			
Lugar	Consumo (kWh/semanal)	%	Porcentaje Acumulado
Sala de lectura	206.400	42,1052632	42,10526316
Hall y atención al usuario	103.200	21,0526316	63,15789474
Fondo bibliográfico	77.400	15,7894737	78,94736842
Oficina director	103.200	21,0526316	100
	490.200	100	

Figura 23. Diagrama de Pareto de consumos proyectados en Biblioteca.



9.2.23. Conclusiones y recomendaciones.

Debido a que en el bloque de aulas, en la sala de lectura de la biblioteca y en casi el 70% de los espacios del edificio de laboratorio no cumplen con la zona de confort, es necesario aplicar un sistema integral de gestión eficiente de la energía. Este puede implicar acciones como:

- Aplicaciones de sistemas mini split más eficientes con SEER 20BTU/W
- Aplicación de paredes adiabáticas con protección térmica para evitar la tasa de calentamiento por paredes de materiales que almacenan el calor.
- Aplicar sistemas auto ajustables para mantener el equipo de acondicionamiento en condiciones de confort sin exceder el nivel de enfriamiento tolerable.

- Seleccionar equipos de acuerdo a la carga térmica real, es decir, rediseñar los sistemas en aquellas áreas donde se excede el nivel de enfriamiento para instalar una unidad más pequeña.

El presente proyecto permitió practicar las condiciones de medida y recomendaciones técnicas para estudio y diseño de sistemas de acondicionamiento de aire recomendadas por las normas existentes, principalmente la ASHRAE.

Los resultados obtenidos son de una muy alta aproximación, eso se puede comprobar mediante las lecturas y tendencias críticas de las variables en cuestión y en los documentos anexos o memorias de cálculo en Microsoft Office Excel 2007.

Se puede decir que la refrigeración en el ITSA debe ser optimizada y puede ser objeto de moderados ajustes en la eficiencia total.

Durante la instalación que se realizó el día 26 de mayo en las horas de la mañana nos acompañó un representante de TRANSELCA y el ingeniero encargado de instalar el instrumento de medición.

La instalación se llevó a cabo sin ningún contra tiempo, se respetaron las normas que impuso Transelca y se dejó el instrumento realizando las respectivas mediciones durante un periodo de 10 horas.

9.3.20. Análisis de armónicos.

El instrumento realizó la debida medición de datos como:

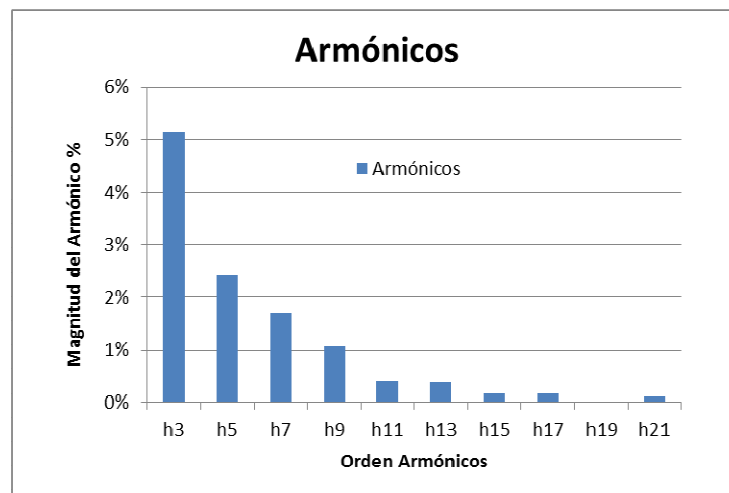
- Harmónicos RMS
- Corriente fundamental del sistema (I_{FUND})
- Corriente I_{RMS}
- Corriente máxima de la línea I_L
- Armónicos de corriente I_h

Tabla 46. Cálculos de distorsión armónica y THDi

IFUND	IRMS	ICC (A)	IL (A)	ICC/IL
275,01	275,54	4350	337,8	
Armónicos	Valor	Ih P.U.	Iref	Ih ²
h1	275,01	1,0000	99,81%	
h3	14,18	0,0516	5,15%	201,116
h5	6,71	0,0244	2,44%	45,060
h7	4,69	0,0171	1,70%	22,034
h9	2,91	0,0106	1,06%	8,483
h11	1,12	0,0041	0,41%	1,256
h13	1,09	0,0040	0,39%	1,183
h15	0,53	0,0019	0,19%	0,280
h17	0,48	0,0018	0,18%	0,234
h19	0,03	0,0001	0,01%	0,001
h21	0,27	0,0010	0,10%	0,075
			THDi	6,082%
			TDDi	4,951%
			THD trans.	0,675%

Todos estos datos fueron suministrados por la empresa quien instalo el equipo de medida en el transformador, se anexa a este documento tablas en Excel donde se pueden ver los datos que arroja el analizador de red, procedemos entonces a realizar los cálculos correspondientes.

Figura 25. Análisis de armónicos representativos.



Según los cálculos la relación I_{cc}/I_L basándose en los estudios del analizador de red, datos de placa y corriente de corto circuito que fue suministrada el operador de red, el Instituto tecnológico de soledad Atlántico, ITSA cumple con los límites de distorsión armónica de corriente, con el estudio se permite concluir que el sistema no presenta problemas con referencia a la calidad de la potencia.

En la tabla podemos observar los datos de Corriente fundamental (I_{FUND}), corriente RMSN (I_{RMS}), Corriente de cortocircuito de la Red (I_{CC}), corriente de línea (I_L) este último dato fue suministrado por el operador de red a la cual pertenece el transformador en estudio.

Hallando la relación de transformación entre la corriente del secundario y la corriente del primario nos vamos a la tabla 15, IEEE 519 – 1992 que nos permite identificar que al obtener 113.67 A:

- Todos los armónicos del orden menor del h11 no deben superar el 12% del límite de distorsión de corriente, según la tabla 46 podemos observar que ninguno de los armónicos de este orden supera el 5% de límite de distorsión, por lo tanto, SI CUMPLE.
- Todos los armónicos que están entre el orden h11 y h17 no deben superar el 5,5% de distorsión armónica. La tabla 38 que estos no superan el 1%, por lo tanto, SI CUMPLE.
- Todos los armónicos que se encuentran entre el orden h17 y h23 no deben superar el 5% de distorsión armónica, en la tabla 37 notamos que estos no superan el 1%, por lo tanto, SI CUMPLE.
- Por último el TDD no debe superar el 15 % de distorsión armónica, la tabla 46 nos evidencia que este no tiene un valor más alto de 5%, por lo que concluimos que SI CUMPLE.

9.3.21. Análisis perfiles de tensión.

Apoyándonos en el instrumento de medición, analizador de red, obtuvimos una serie de datos adjuntos a este documento con los cuales, por medio de análisis estadísticos mostrados a continuación determinaremos la variación en los perfiles de tensión.

Figura 26. Graficas de perfiles de tensión del sistema. 220v.

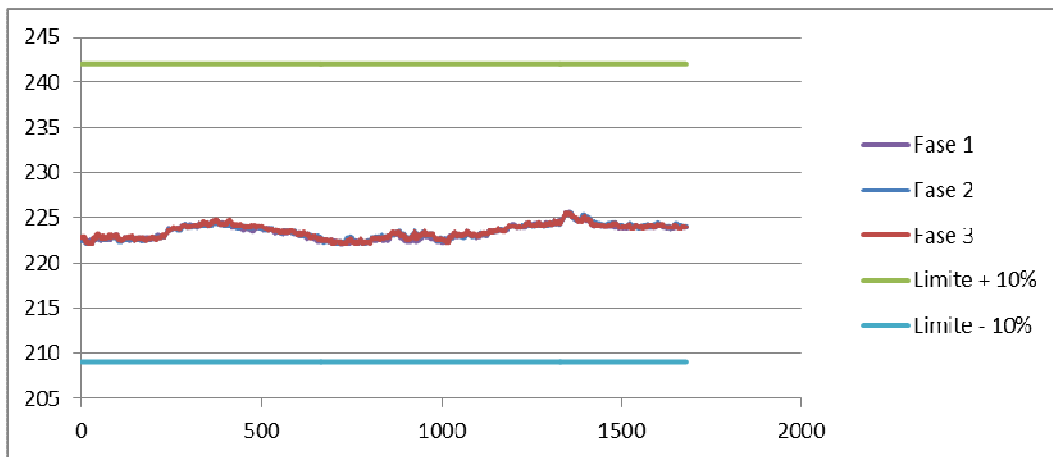
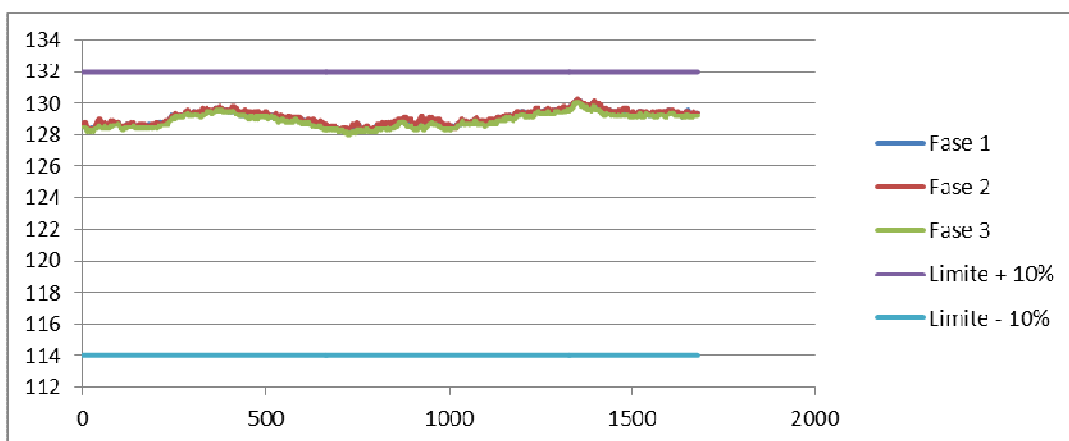


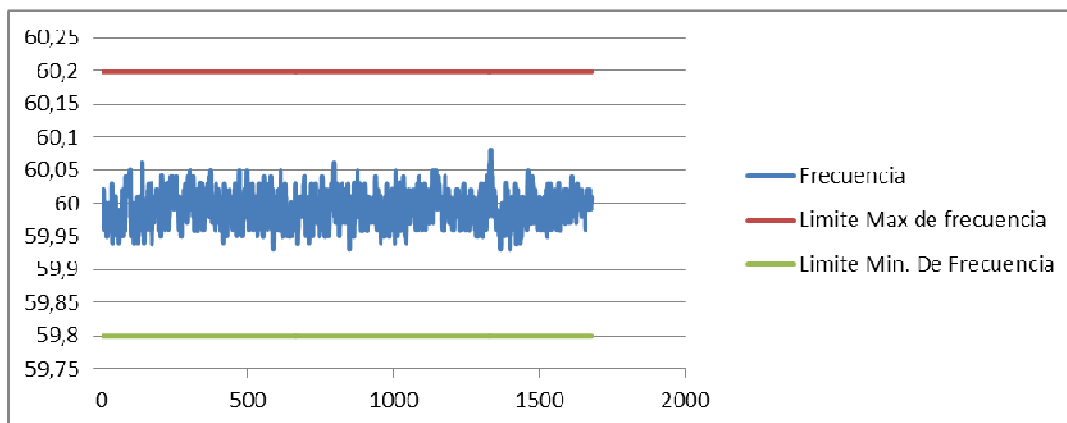
Figura 27. Graficas de perfiles de tensión del sistema, 120v.



La figuras 26 y 27 evidencia los perfiles de tensión, según la IEEE 519 la tensión de funcionamiento de los equipos no debe superar el 10% por encima del valor nominal ni el 10% por debajo. El análisis permite concluir que los perfiles de tensión se encuentran del rango permitido.

9.3.22. Frecuencia.

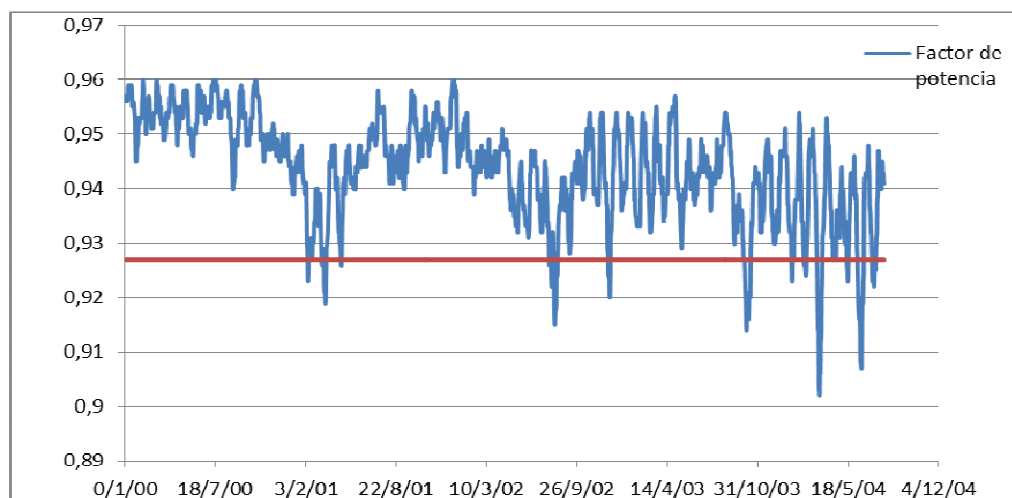
Figura 28. Grafica de las variaciones de frecuencia del sistema.



La figura 28 muestra la variación permitida de frecuencia. De lo que se concluye que se encuentran en los rangos de variación permitidos, es decir, entre 59.8 Hz y 60.2 Hz

9.3.23. Factor de potencia.

Figura 29. Comportamiento del factor de potencia.



La figura 29 muestra el comportamiento del factor de potencia, lo que se observa es que los valores no superan el límite permitido.

9.3.24. Conclusiones y recomendaciones.

El diagnostico de calidad de potencia, después de realizar los estudios correspondientes y apoyándonos en la norma, nos permite identificar que se cumple con los límites permitidos, por lo que nos es necesario realizar recomendaciones.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1]. CAMPOS Avella Juan Carlos. "Caracterización Energética: el primer paso hacia el uso racional de la energía". Boletín No.128.Septiembre 2003. Disponible en Internet: www.monografias.com.
- [2]. PROYECTO UPME- COLCIENCIAS. "Herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética". Grupo de Gestión Eficiente de Energía KAI, Universidad del atlántico, Grupo de Investigación en Energía GIEN, Universidad Autónoma de Occidente. Barranquilla, marzo 2004.
- [3]. SCHNEIDER Electric. "Maximizando ahorros energéticos a través de sistemas de gestión integrados". Chile. 2009. Artículo disponible en Internet: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=1318&edi=69>.
- [4]. GOMEZ Vergez Javier, Gutiérrez Moreno Álvaro. "Diagnóstico Energético de Segundo Grado en la Universidad Autónoma de Occidente Edificio Principal Ala Norte". Santiago de Cali (Col.). 2007. Trabajo de grado disponible en Internet: <http://bdigital.uao.edu.co>
- [5]. "Plan de Sostenibilidad Energética en los Campus de la Universidad de Valladolid". Director de Área 10. Valladolid (España). Junio 2009. Trabajo disponible en Internet: www.uva.es
- [6]. República de Colombia. Congreso de la república. Ley 697 de 3 de octubre de 2001, Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.
- [7]. República de Colombia. Consejo Nacional De Acreditación (CNA). Lineamientos para la acreditación programas. 2006.

- [8]. Proyecto de norma técnica Colombiana NTC 5000.
- [9]. República de Colombia. NTC 2050. Código eléctrico de Colombia.
- [10]. IEEE Std 1159 -1992 (R2001). Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.
- [11]. IEEE Std 519-1992. Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.
- [12]. Electrical Power Systems Quality. Roger C Duran / Mark F. McGranaghan / Surya Santoso / H. Wayne Beaty. McGraw-Gill. 2004.
- [13]. Luminotecnia 2002. Control y aplicación de la luz. INDALUX Iluminación Técnica, S.L., Valladolid, España.
- [14]. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, RETILAP. Ministerio de minas y energía. Res. 180540 de 30 de marzo de 20
- [16]. Hand Book, Manual de acondicionamiento de aire, American Society of Heating, refrigerating and Air Conditioning. 2007
- [17]. ANSI/ASHRAE 16-1983 (RA 88)
- [18]. MANUAL DE AHORRO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA, ANDI ISA BAJOR, Joseph. Química General Moderna. Editorial Marín. Barcelona. Pág 75-80.
- [19]. CHANG, Raymond. Química Sexta edición. Editorial Mc Graw Hill. México. Pág 209-222.

[20]. DIPLOMADO EN GESTION ENERGETICA AVANZADA. Modulo: Sistemas de transformación de la energía. Bienvenido Sarria López Phd MScME.

[20]. ANSI/ASHRAE 37-1988R: unitary air conditioners and heat pumps.

ANEXOS

Anexo A. Certificado de calibración de luxómetro.

EXTECH INSTRUMENTS		EXCELLENCE IN TECHNOLOGY Since 1971	
ISO 9001 Certified		Extech Instruments Corporation • 285 Bear Hill Road • Waltham, MA 02451-1064	
Certificate of Calibration			
Certificate Number: 40207 Document Number: 29126			
			
Customer Details:			
Customer Name:		QUIMBAYA TELEMETRIA LTDA	
Instrument Details:			
Manufacturer:		EXTECH INSTRUMENTS	
Description:		HEAVY DUTY LIGHT METER	
Model Number:		407026	
Serial Number:		Q569868 - PT9274	
ID Number:		N/A	
Calibration Date:		October 15, 2010	
Calibration Due:		October 15, 2011	
Cal. Interval:		12 MONTHS	
As Received:		NEW	
Environmental Details:			
Temperature:		21 Deg. +/- 5 C	
Relative Humidity:		40 % ± 15%	
Procedures Used:			
Calibration procedure:		EICM407026	
Certification			
<p>Extech Instruments certifies that the instrument listed above meets the specifications of the manufacturer at the completion of its calibration. Standards used are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), or have been derived from accepted values, natural physical constants, or through the use of the ratio method of self-calibration techniques. Methods used are in accordance with ISO10012-1 and ANSI/NCSL Z40-1-1994. This certificate is not to be reproduced other than in full, except with prior written approval of Extech Instruments Corporation. All the calibration standards used have an accuracy of 4:1 or better, unless otherwise stated.</p>			
Technician's Notes:			
Technician: TERI KING		Approved By: 	
Page 1 of 2			
Phone: 781.890.7440 ext 210 • Fax: 781.890.3957 • E-mail: repair@extech.com • www.extech.com			

Certificate of Calibration

Certificate Number: 40207

Document Number: 29126

Model Number: 407026 S/N Q569868 – PT9274

As Received Calibration Data

Standard	UUT	Accuracy	High Limit	Low Limit	Error	Status
----------	-----	----------	------------	-----------	-------	--------

Function: Lux (Tested with an incandescent tungsten light source of 2856 Deg K)

1249 Lux	1253	$\pm (4.0\%FS + 2dgt)$	1331	1167	4	PASS
16400 Lux	16408	$\pm (4.0\%FS + 2dgt)$	17220	15580	8	PASS
31500 Lux	31458	$\pm (4.0\%FS + 2dgt)$	33700	29300	-42	PASS

UUT – Unit Under Test

Final Reading Calibration Data

Standard	UUT	Accuracy	High Limit	Low Limit	Error	Status
----------	-----	----------	------------	-----------	-------	--------

Function: Lux (Tested with an incandescent tungsten light source of 2856 Deg K)

1249 Lux	1253	$\pm (4.0\%FS + 2dgt)$	1331	1167	4	PASS
16400 Lux	16408	$\pm (4.0\%FS + 2dgt)$	17220	15580	8	PASS
31500 Lux	31458	$\pm (4.0\%FS + 2dgt)$	33700	29300	-42	PASS

UUT – Unit Under Test

Standards Used

Manufacturer	Model #	Serial #	Description	Calibration Due Date
KONICA MINOLTA	T-10	35621038	ILLUMINANCE METER	July 9, 2011
MINOLTA	XY-1	205853	CHROMA METER	April 29, 2011

N.I.S.T. Reference No.: Standards traceable to N.I.S.T. listed above are on file available upon request.

Anexo B. Resultado de encuesta para medir el nivel de Gestión Energética en el Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico, ITSA.

**INFORME DE PRÁCTICAS CON CALIFICACIÓN DEFICIENTE
(MENOR O IGUAL A 2)
SOFTWARE DE CALIFICACIÓN DE NIVELES DE GESTIÓN
ENERGÉTICA EN LA EMPRESA.**

PLANEACIÓN	Calificación:1
No existe una política energética insertada en la política general de la empresa o de forma independiente.	
No existen objetivos energéticos cuantitativos y cualitativos insertados en los objetivos generales de la empresa o de forma independiente a estos.	
No existen metas a nivel de empresa y a nivel de áreas cuyo cumplimiento permite lograr la política y los objetivos energéticos o generales de la empresa.	
No existe un presupuesto de consumo de energía para la empresa y en cada centro de costo, determinado cuantitativamente en función de los pronósticos de venta, de producción y de los índices de consumo esperados de cada producto, de acuerdo con el nivel de eficiencia real de los procesos productivos que posee la empresa.	
El presupuesto de energía anual de la empresa no tiene en cuenta las metas de eficiencia energética logrables por cada área o centro de costo.	
No están identificadas y cuantificadas en cada área las variables que impactan la eficiencia energética a nivel operacional.	
No existe un procedimiento establecido para determinar el indicador de eficiencia energética que puede alcanzar el área o centro de costo en función del nivel de producción.	
Los presupuestos de consumo y eficiencia energética no son discutidos y aprobados con participación de las áreas que deben cumplirlos.	

REP DE LA GERENCIA PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	Calificación:1
No existe un representante de la gerencia para la eficiencia energética en la empresa.	
No existe una evaluación y un registro diario o semanal de los comportamientos de los presupuestos, indicadores de eficiencia y consumos absolutos de energía a nivel de áreas y a nivel de empresa.	
No existe retroalimentación del representante de gerencia a las áreas y la gerencia sobre los resultados del monitoreo del comportamiento de los indicadores, presupuestos y consumos en cada área y la empresa.	
No existe una actividad mensual para evaluación del comportamiento de indicadores, presupuestos y consumos, así como de la marcha de los proyectos de mejora de la eficiencia energética.	
No existen chequeos periódicos ante gerencia de las buenas prácticas de gestión empresarial por la eficiencia energética, documentado y registrado.	
No existe coaching del representante de la gerencia para la eficiencia energética a los proyectos de mejora en cada área y a nivel de empresa.	
No existen auditorías por el representante de gerencia para la eficiencia energética a las buenas prácticas de gestión a nivel de áreas.	

Anexo C. Ejemplo para el diligenciamiento de formato de una instalación típica en el primer nivel del bloque de aulas.

FORMATO DE INSPECCION GENERAL DEL AREA O PUESTO DE TRABAJO

Empresa: ITSA
 Fecha: 23 marzo/11 día: noche: X

1. CONDICIONES DEL ÁREA:
 Descripción del área: Biblioteca con 10 años de antigüedad, sistema de iluminación y techos deteriorados.

DIMENSIONES:
 Longitud: 13,62 ancho: 8,7 altura: 2,5 m

2. DESCRIPCION DE PAREDES PISOS Y TECHOS

Descripción	Condiciones de la superficie					
	Material	Color	Textura	Limpia	Media	Sucia
Paredes	yeso	blanco	liso		X	
Techo	yeso	blanco	concreto			X
Piso	balda	gris/rojo	liso		X	
Superficie de trabajo	madera	rojo	liso		X	
Equipo o máquina	NA.					

3. CONDICIONES GENERALES

Clasificación del equipo	Fluorescentes T12		
Luminarias, tipo			
Especificación de las bombillas	F40T12/D. 40W		
Bombillas por luminaria	2		
Número de luminarias	25		
Número de filas	5		
Luminarias por fila	5		
Altura del montaje	2,5		
Espacios entre luminarias	1,8 m		
Condición de las luminarias	Limpio	Medio	Sucia

Descripción de la iluminación local o complementaria:
Defectos de luminarias deterioradas.

Estudios realizados anteriormente: Si No X

Resultado Obtenidos: Ninguno.

FORMATO DE MEDIDAS DE ILUMINANCIA GENERAL

Empresa: ITSA Sección: Bloque Aulas. (Aula 106).

Dimensiones del salón: Largo: 6,6 Ancho: 4,35 Altura: 3,5

Equipo de medida: Luxómetro EXTECH - Heavy duty light meter 407026.

Tabla de datos

Identificación de los puntos	Día			Noche	Observaciones
	Mañana (AM)	Medio día (M)	Tarde (PM)	(lx)	
r-1				195	
r-2				168	
r-3				281	
r-4				264	
r-5				X	
r-6				X	
r-7				X	
r-8				X	
q-1				203	
q-2				201	
q-3				X	
q-4				X	
q-5				X	
q-6				X	
q-7				X	
q-8				X	
t-1				157	
t-2				252	
t-3				X	
t-4				X	
p-1				232	
p-2				141	
p-3				X	
p-4				X	
E _{prom}				205	

%Uniformidad: 69% (mín/prom)

Responsable: S. Hirauda.

Observaciones grales.: Los salones cuentan con ventanillas a un extremo, pero se encuentran obstruidos a aprox. 80 cm por muro perimetral del predio contiguo.

FORMATO DE ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN ALUMBRADO

Empresa: Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico, ITSA.

Área: Bloque de aulas (aulas 105, 106, 107, 108 y 109.)

OBJETIVOS:

Nivel de iluminancia de diseño: 500 Lux

Coefficiente de uniformidad: $\geq 70\%$

Otros: Límite de eficiencia energética: 4 W/m^2
Índice de deslumbramiento: $1,15 - 1,5$

APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL:

Iluminancia exterior producida por la luz natural: 2760 Lux

Iluminancia interior producida por la luz natural: 98 Lux

Coefficiente de luz diurna (CLD): 3,55 %

Coefficiente mínimo exigido por luz diurna: 2%

TIPO DE INSTALACIÓN ILUMINACIÓN NATURAL:

Instalación luz día

Techo ventanas X ambas

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

Número de iluminancias:

Área de trabajo: Largo: 1m Ancho: 0,6m

Altura del plano de trabajo sobre el nivel del piso: 0,76m

Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo: 2,75m

Distancia entre centro de luminarias a lo largo: 2,4m

Distancia entre centro de luminarias a lo ancho: 3,6m

BOMBILLAS O LÁMPARAS:

Fabricante y referencia: Sylvania - ref. FAOT12/D y F32T8

Tipo de bombilla: tubular fluorescente. RS.

Potencia de la bombilla: 40 y 32 W W

Lúmenes iniciales (100 h): 3200 y 2900 lm

Período de reemplazo de las bombillas: 20.000 hrs. y 36.000 hrs.

LUMINARIA:

Fabricante y referencia: Sylvania - Ref: FAOT12/D y F32T8.

Bombillas por luminaria: 2 und.

Potencia total por luminaria: (80W + 16W balasto W) T12 y (64 + 6W balasto).

CONTROLES

Tipo manual (suiches) ✓

Tipo control automático: Ninguno

ESQUEMA

Cálculo inicial de iluminancia promedia: 205 lux

Factor de mantenimiento estimado: 0,79

Cálculo de iluminancia promedio mínima mantenida: 141 Lux

Carga eléctrica instalada en alumbrado 332 W Kw (2 luminarias 2x40)

Factor de potencia: 0,83 (T12) y 0,92 (T8) (2 luminarias 2x32)

Eficiente energética de la instalación, W/m² por cada 100 luxes (VEEI) : 5,6 W/m².

MANTENIMIENTO

Período limpieza de ventanas: c/3 días Meses

Período limpieza de techos: 4 Meses

Período limpieza de luminarias: correctivo Meses

Período de reemplazo de las bombillas: correctivo Meses

Período de limpieza de mantenimiento de techo, paredes y pisos: 36 Meses

Diseñador del sistema: Ninguno

Fecha: 04 mayo 2011.

Responsable: D. Arauda.

Anexo D. Presupuesto.

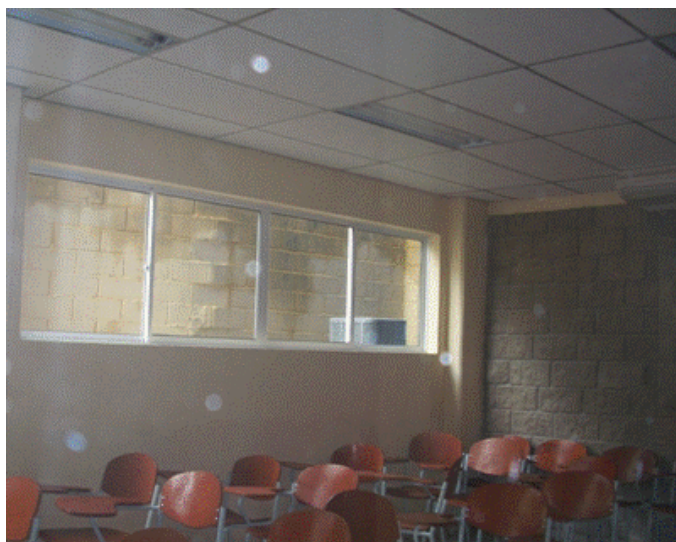
PRESUPUESTO DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE LA ENERGÍA Y ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LUMINARIAS Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DE LOS BLOQUES CRD, BIBLIOTECA Y AULAS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SOLEDAD ATLÁNTICO, ITSA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
1	Luxometro	Dia	3,00	\$ 50,00	\$ 150,00
2	Higrometro y anemometro	Dia	3,00	\$ 70,00	\$ 210,00
3	Analizador de Redes	Dia	8,00	\$ 270,00	\$ 2.160.000
4	Equipos de Computo	Und	3,00	\$ 1.300.000	\$ 3.900.000
5	Internet	Hr	156,00	\$ 1,00	\$ 156,00
6	Transportes	Dia	46,00	\$ 15,00	\$ 690,00
7	Vatimetro	Dia	5,00	\$ 125,00	\$ 625,00
SUBTOTAL					\$ 7.891.000
IVA					\$ 1.262.560
TOTAL					\$ 9.153.560

MANO DE OBRA DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE LA ENERGÍA Y ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LUMINARIAS Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DE LOS BLOQUES CRD, BIBLIOTECA Y AULAS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SOLEDAD ATLÁNTICO, ITSA				
MANO DE OBRA	Unidad	Cantidad	Vr unitario	Vr parcial
Mediciones luxométricas en CRD	Día	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Mediciones luxométricas en Biblioteca	Hr	4	\$ 8,75	\$ 35,00
Mediciones luxométricas en Bloque Aulas	Dia	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Medición HR y T en CRD	Dia	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Instalacion de Analizador de Red	Dia	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Medicion HR y T en Biblioteca	Hr	4	\$ 8,75	\$ 35,00
Medicion HR y T en Bloque Aulas	Dia	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Procesamiento de Datos	Dia	39	\$ 70,00	\$ 2.730.000
SUBTOTAL				\$ 3.110.000
AIU				\$ 466,50
TOTAL				\$ 3.576.500

Anexo E. Características del sistema de iluminación en el primer nivel del Bloque de Aulas.



a) Pasillos (color de paredes)



b) Aulas de clase colindantes con predio vecino



c) Luminarias deterioradas.



d) Aula magistral.



e) Aulas con iluminación deficiente

Anexo F. Características del sistema de iluminación en el segundo nivel del Bloque de Aulas.



a) Pasillos

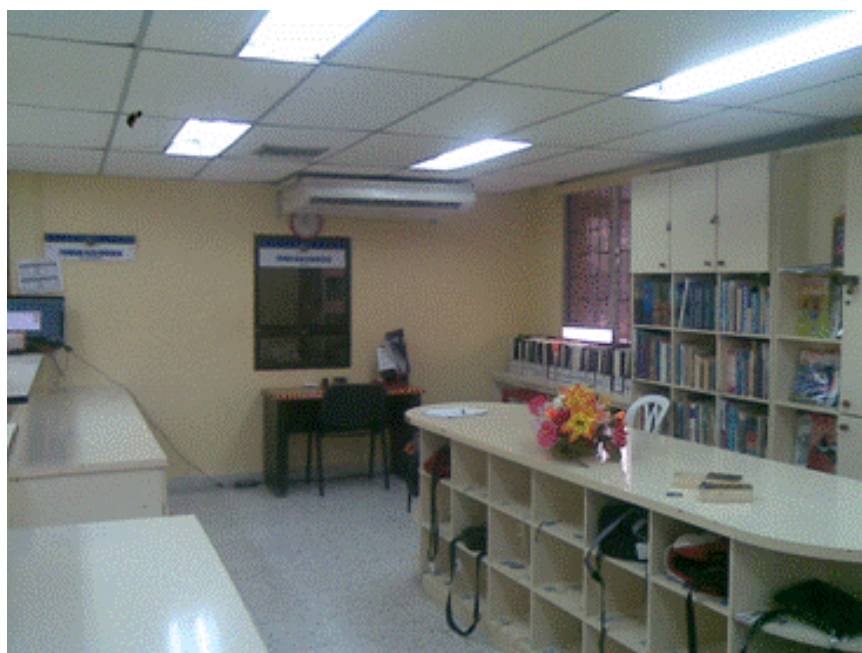


b) Aulas de clase.

Anexo G. Características del sistema de iluminación Biblioteca.



a) Panorámica Biblioteca



b) Circulación y préstamo

Anexo H. Identificación de datos de placa del transformador.



a) Ubicación en la subestación eléctrica.



b) Reconocimiento del calibre de conductores.

Anexo I. [Cálculo de iluminancias del sistema de iluminación actual.](#)

Anexo J. [Comparativo entre parámetros fotométricos de la instalación actual y la recomendada.](#)

Anexo K. [Análisis económico energético de la situación del sistema de iluminación actual frente al recomendado.](#)

Anexo L. [Cálculos sistema de acondicionamiento de área.](#)

Anexo M. [Cuadro tendencia armónicos de corriente, calidad de la potencia.](#)

Anexo N. [Formato Encuesta de Gestión Energética ITSA.](#)